

CFR Angers CFR Rennes

<p>Année universitaire : 2019-2020</p> <p>Master Biologie, Agrosciences</p> <p>Parcours Amélioration, Production, Valorisation du végétal</p> <p>Option : Fonctionnement et Gestion des Agrosystèmes (FGA)</p>	<p>Rapport de stage</p> <p><input type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
--	--

Traque aux pratiques innovantes en ferme pour la maîtrise des populations et/ou dégâts de bruches sur féverole et lentille

Par : Pierre LANTRIN



Soutenu à Rennes le 25 juin 2020

Devant le jury composé de :

Président : O. Godinot

Autres membres du jury : B. Jaloux (Rapporteur)

Maître de stage : M.-H. Jeuffroy

Enseignant référent : M. Carof

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celles d'AGROCAMPUS OUEST et l'université de Rennes 1

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

« Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France »

disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ :
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

 1/06/2020

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur ⁽³⁾ Nom Prénom LANTAIN Pierre

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-BY-NC-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

8/06/2020



Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciements :

Tout d'abord, je remercie Marie-Hélène Jeuffroy, Antoine Gardarin et l'ensemble des dirigeants INRAE/Groupe Soufflet pour l'intérêt porté à ma candidature.

Je tiens particulièrement à remercier Marie-Hélène de m'avoir accompagné tout au long de ce stage. Son accueil, sa bonne humeur et son professionnalisme m'ont beaucoup aidé pour mener à bien ce projet.

Je remercie l'ensemble des personnes qui ont contribué au bon déroulement de ce stage.

Merci à Matthieu Carof d'avoir encadré ce stage.

Merci à Marie-Hélène, Antoine, Mélissandre, Laurent, Aude, Chloé, Pauline, Laurence, Corentin, Thibault, Bruno et à toutes celles et ceux qui m'ont aidé durant ces semaines de stage et qui ont su répondre à mes questions.

Merci à mes collègues de bureau (Gentiane, Malick, Simon, Ousmane et Chen). Merci à Ousmane de m'avoir fait redécouvrir la crêpe bretonne ; la version Sénégalaise est vraiment top !

Merci à Michel, parrain hors-pair, qui maîtrise la grignonnaise comme personne d'autre.

Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé pour la réalisation de ce travail (chercheurs, conseillés, dirigeants de coopératives, etc...) et merci à tous les agriculteurs que j'ai contactés de m'avoir consacré du temps et répondu à mes questions.

Enfin, un grand merci à Mélissandre qui m'a accompagné tout au long de ce stage. Ces quelques mois à Thiverval-Grignon n'auraient pas eu la même saveur si tu n'avais pas coordonné ce projet !

Table des matières :

Liste des abréviations

Liste des figures et tableau

Liste des annexes

I.	Introduction.....	1
II.	Synthèse bibliographique.....	2
1.	Etat de l'art sur les féveroles et les lentilles.....	2
a.	Les féveroles.....	3
b.	Les lentilles.....	4
c.	Freins agronomiques pour les débouchés en alimentation humaine.....	5
2.	Etat de l'art sur les bruches.....	5
a.	Bruche de la féverole.....	5
b.	Bruche de la lentille.....	6
c.	Dégâts sur cultures.....	7
d.	Facteurs favorisant leur présence.....	7
e.	Ennemis naturels.....	7
f.	Moyens de lutte.....	7
3.	Problématique et objectifs du stage.....	8
III.	Matériel et méthodes.....	9
1.	S'orienter vers des pratiques jugées innovantes.....	9
a.	Déterminer les pratiques de références.....	9
b.	Enquêter les « têtes de réseaux ».....	9
c.	Recueillir des témoignages sur un réseau social.....	10
2.	Prendre connaissance des pratiques innovantes.....	10
a.	Organisation d'un entretien semi-directif.....	10
b.	Éléments à aborder avec les agriculteurs.....	10
3.	Conduire une analyse agronomique des pratiques.....	11
4.	Préparer la mise en circulation de contenus agronomique.....	11
5.	Repérer de nouveaux inconnus.....	11
IV.	Résultats.....	11
1.	Les pratiques de référence.....	11
a.	Conduite de référence d'une culture pure de féverole en agriculture conventionnelle.....	11
b.	Conduite de référence d'une culture pure de lentille en agriculture conventionnelle.....	12
c.	Une gestion sanitaire des récoltes privilégiées chez les organismes stockeurs.....	12
2.	Repérage des agriculteurs.....	12

a.	Des agriculteurs innovants repérés directement auprès des têtes de réseau.....	12
b.	Identifications des agriculteurs performants à partir de base de données	12
c.	Repérage d'agriculteurs via Facebook	14
3.	Identification des pratiques culturelles innovantes	15
4.	Description des pratiques innovantes et performantes	15
a.	Cas des résultats obtenus pour la féverole :	15
b.	Cas des résultats obtenus pour la lentille	18
c.	Pratique innovante qui peut être utilisée pour les deux espèces.....	20
5.	Mise en circulation de contenus agronomiques	21
6.	De nombreux inconnus émergents	21
V.	Discussion	21
VI.	Conclusion	23
VII.	Bibliographie.....	23

Liste des abréviations :

AB : Agriculture Biologique

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

AOP : Appellation d'Origine Protégée

COV : Composé(s) Organique(s) Volatil(s)

CGDD : Commissariat Général au Développement Durable

FAO : Food and Agriculture Organization of the united nations

g : gramme(s)

GIEE : Groupements d'Intérêt Economique et Environnemental

ha : hectare(s)

IGP : Indication Géographique protégée

km : kilomètre(s)

mm : millimètre

m² : mètre(s) carré(s)

OAD : Outil d'Aide à la Décision

PAC : Politique Agricole Commune

q: quintal/quintaux

R&D : Recherche et Développement

SAU : Surface Agricole Utilisée

t : tonne(s)

UE : Union Européenne

°C : Degré(s) Celsius

% : Pourcentage

Liste des figures et tableau :

Figure 1 : *Vicia faba* (féverole).

Figure 2 : *Lens culinaris* (lentille comestible).

Figure 3 : Surfaces et rendements des cultures de féverole en France de 1955 à 2019.

Figure 4 : Surfaces de féverole cultivées en France en 2018.

Figure 5 : Évolutions des surfaces et des rendements de lentille en France de 1961 à 2019.

Figure 6 : Surfaces de lentille cultivées en France en 2018.

Figure 7 : *Bruchus rufimanus*.

Figure 8 : Cycle biologique de *Bruchus rufimanus*.

Figure 9 : *Bruchus signaticornis* et *Bruchus lentis*.

Figure 10 : Dégâts de *Bruchus rufimanus* sur un lot de graines de féverole.

Figure 11 : Pourcentages des graines de féverole bruchées au sein de lots collectés en coopératives et/ou négoce par Terres Inovia de 2007 à 2019.

Figure 12 : Les différentes étapes de la traque aux innovations.

Figure 13 : Itinéraire technique de référence pour la culture de féverole.

Figure 14 : Itinéraire technique de référence pour la culture de lentille.

Figure 15 : Répartition géographique des têtes de réseau contactées.

Figure 16 : Commentaires recueillis à la suite de la traque réalisée sur 4 groupes Facebook.

Figure 17 : Répartition géographique des agriculteurs contactés lors de la traque selon leur(s) production(s).

Figure 18 : Photo du méteil fourrager cultivé par monsieur MIG en 2019.

Figure 19 : Synthèse des processus et des pratiques innovantes déployés par les agriculteurs pour lutter contre les population/dégâts de bruche sur féverole et lentille.

Tableau 1 : Inconnus émergents suite à la traque aux innovations.

Liste des annexes :

Annexe 1 : Evolution des débouchés de la féverole en France depuis 2009 (hors semences).

Annexe 2 : Evolutions des productions de lentille au sein de 5 pays membres de l'Union Européenne (principaux producteurs).

Annexe 3 : Tableau des insecticides utilisables sur féverole

Annexe 4 : Mind Map des 7 points clés à aborder avec les agriculteurs lors des entretiens semi-directifs



Figure 1: *Vicia faba* (féverole)
(Thomé, 1885)



Figure 2: *Lens culinaris* (lentille
commestible) (Thomé, 1885)

I. Introduction

« Pour nourrir une population croissante, il faudra intensifier la production à l'hectare, mais sans consommation d'énergies fossiles ni de pesticides. L'agriculture moderne de demain, ce sont des associations végétales, des rotations diversifiées avec des légumineuses » (Dufumier d'après Lavocat, 2020).

L'insertion des légumineuses dans les systèmes de culture est considérée comme un levier essentiel pour la transition agroécologique. Ces cultures présentent de nombreux intérêts agronomiques et environnementaux (Schneider et Huyghe, 2015). Par exemple, l'effet précédent des légumineuses permet de maintenir, voire d'augmenter, la fertilité des sols. Ce phénomène est principalement dû à la relation symbiotique qu'établit la légumineuse avec des bactéries fixatrices d'azote atmosphérique. Ces légumineuses ont également un effet positif sur la biodiversité des sols en agriculture. Ces plantes favorisent la présence de vers de terres, de termites et de mille-pattes (Blanchart et al., 2006). De plus, l'utilisation de ces plantes comme engrais vert permet d'augmenter la résilience des sols face au changement climatique (FAO, 2016 ; Sierra et Tournebize, 2019). Cultiver des protéagineux peut aussi permettre aux élevages français d'acquérir une certaine autonomie vis-à-vis des sources protéiques utiles au rationnement des animaux. Actuellement, la dépendance des élevages au soja Américain fait l'objet de nombreuses controverses politiques, économiques et environnementales (Cavaillès, 2009 ; Collin, 2018 ; Mercier et al., 2016). Enfin, dans un contexte où la diminution de notre consommation de viande est suggérée (Cultier, 2018 ; Mbow et al., 2019), les sources de protéines végétales représentent un réel intérêt pour la durabilité des systèmes alimentaires (Guéguen et al., 2016 ; Leterme, 2002).

Or, depuis 1960, en France comme en Europe, les surfaces de légumineuses ont considérablement diminué. L'intensification et la standardisation des productions agricoles destinées aux élevages ont fortement contribué aux diminutions des surfaces des légumineuses en France (Duc et al., 2010). Ces dernières années, de nombreuses attentes socio-économiques ont émergées quant à la durabilité des systèmes de production agricole. Dans ce contexte qui leur est favorable, les légumineuses peinent à reconquérir les systèmes de culture. D'après Meynard et al. (2018), le développement de ces cultures est freiné par un verrouillage socio-technique caractérisé par des facteurs interconnectés. Aujourd'hui, le faible nombre de variétés améliorées et le manque de méthode permettant de protéger ces cultures expliquent en partie les faibles surfaces qui leur sont consacrées. La forte variabilité des rendements de légumineuses à graines en Europe, mise en évidence par Cernay et al. en 2015, décourage également les agriculteurs à les cultiver.

Les cultures de légumineuses à graines représentent une faible part du territoire agricole français (moins de 2% de la SAU française en 2019 d'après les données de FranceAgriMer). Certaines de ces légumineuses sont produites pour l'alimentation des animaux et certaines sont destinées à l'alimentation humaine. Parmi les légumineuses cultivées à destination de l'alimentation humaine on retrouve la féverole (figure 1) et la lentille (figure 2). Peu de travaux de recherche ont été menés sur ces deux cultures pour augmenter leurs résistances face aux facteurs biotiques et abiotiques. De nombreuses maladies et de nombreux ravageurs sont préjudiciables à ces cultures. Ces problèmes sanitaires peuvent engendrer de sévères pertes de rendement et peuvent déprécier la qualité des récoltes (Terres Inovia et Anils, 2019). La dépréciation des graines de féverole et de lentille peut être induite par le développement d'un coléoptère : la bruche. La larve de ce coléoptère se développe dans la graine. Par la suite, l'adulte s'extrait des graines en laissant un trou parfaitement rond (Biarnès et al., 2020). L'infestation des cultures par cet insecte constitue un handicap majeur pour la commercialisation des récoltes destinées à l'alimentation humaine.

Le marché commercial de l'exportation des fèves française vers l'Égypte a très nettement diminué ces dernières années suite à ce problème (Terres Univia, 2015). Aujourd'hui, l'usage des insecticides de synthèse se révèle insuffisant pour contrôler les populations de bruches au sein des parcelles (Biarnès et al. 2020). Cette difficulté de lutte est observable depuis le retrait de certains insecticides et depuis la restriction du nombre de traitements autorisés lors de la période à risque (floraison).

Dans le cadre du plan Ecophyto qui consiste à réduire la dépendance de l'agriculture française à l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse, il est essentiel de travailler sur l'identification et l'invention de nouvelles techniques agronomiques permettant de contrôler les populations de ce ravageur au champ. D'après Moussart et al. (2019), de nouveaux leviers d'actions sont à privilégier pour lutter contre les ravageurs de légumineuses à graines. Une grande diversité de leviers, disponibles ou émergents, doivent être combinées pour obtenir une protection efficace et durable des cultures. Certains de ces leviers reposent sur le développement de pratiques agroécologiques (exemples : gestions des espèces dans le temps et dans l'espace, mise en place d'associations, exploration des solutions de biocontrôle). Le développement de ces pratiques agroécologiques butte largement sur un manque de connaissances des processus écologiques et biologiques à favoriser pour réduire la dépendance des systèmes agricoles aux intrants de synthèse. Leur développement est également bridé par un manque de techniques alternatives efficaces pour contribuer aux processus biologiques à favoriser. Repérer des pratiques innovantes mises en œuvre par des agriculteurs pionniers, les analyser et mettre en lumière leurs principes pour favoriser leur déploiement et l'invention de nouvelles techniques, sont des moyens efficaces pour contribuer à la transition agroécologique (Salembier, 2019). Face à ce constat, et pour contribuer à cette transition agroécologique, la traque aux innovations vise à identifier, comprendre et évaluer des pratiques conçues en ferme par des agriculteurs-concepteurs innovants pour résoudre un problème pour lequel peu de solutions techniques sont connues (Petit et al., 2012 ; Salembier et al., 2015 ; Salembier, 2019). Cette méthode est particulièrement adaptée au cas de la bruche en raison du faible nombre de solutions alternatives connues pour limiter leurs dégâts.

Ce stage de « traque aux innovations » s'insère dans un projet de recherche entrepris par INRAE et le Groupe Soufflet en 2019. Ce dernier vise (i) à mieux connaître la biologie et l'écologie des bruches, et (ii) à identifier, concevoir et évaluer des pratiques innovantes pour le contrôle non chimique de ces ravageurs, ceci dans le but d'encourager la production de ces légumineuses tout en réduisant l'utilisation des pesticides.

Les résultats obtenus lors de ce stage seront mobilisés pour l'étape de co-conception de pratiques innovantes. Par la suite, ces pratiques seront évaluées en stations et parcelles agricole.

II. Synthèse bibliographique

1. Etat de l'art sur les féveroles et les lentilles

Dans l'usage courant, le terme « protéagineux » est utilisé pour désigner l'ensemble des espèces riches en protéines cultivées jusqu'à maturité de leurs graines (Mercier et al. 2016 ; Schneider et Huyghe 2015b).

Evolutions des surfaces et des rendements de féverole en France de 1955 à 2020.

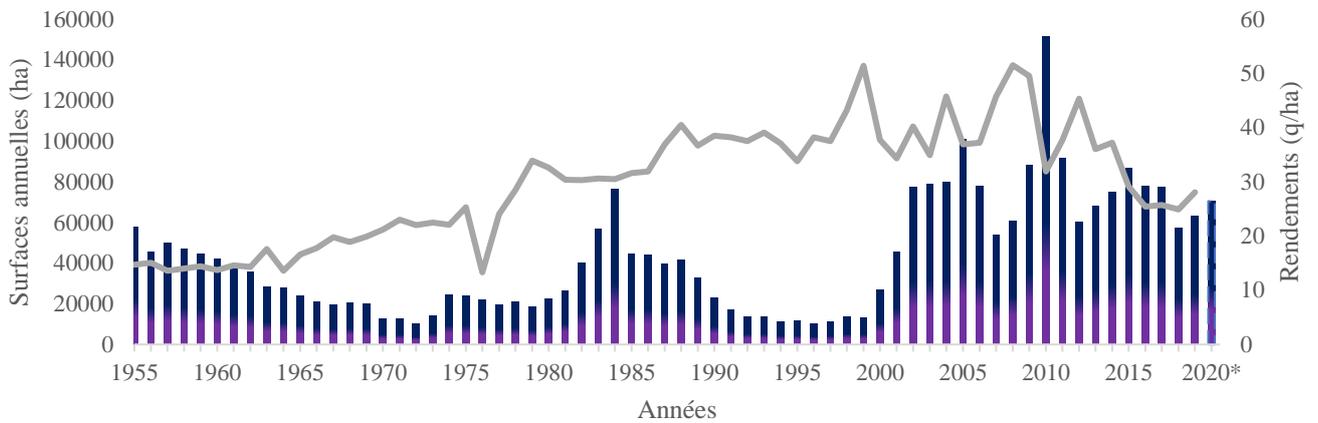


Figure 3: Surfaces et rendements des cultures de féverole en France de 1955 à 2019. [2020* : Données provisoires au 1^{er} avril 2020] (Eurostat, 2020 et FranceAgriMer, 2020)

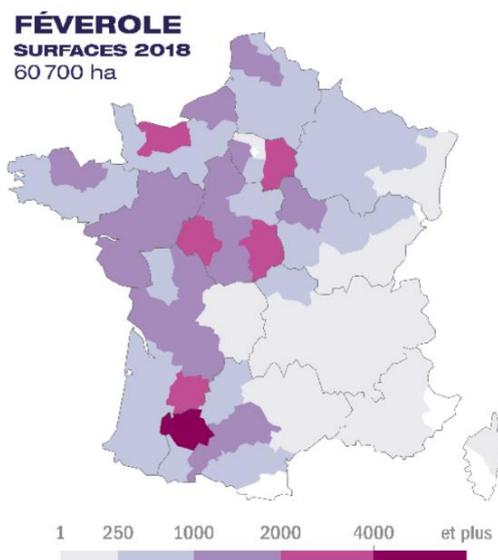


Figure 4: Surfaces de féverole cultivées en France en 2018 (Terres Univia, 2020)

a. Les féveroles

Les féveroles (*Vicia faba*) sont des protéagineux qui se distinguent par la taille de leurs graines appelées « fèves ». Sèches, elles se composent principalement d'amidon (38% en moyenne), de protéines (25%), d'eau, de cellulose et de matières grasses (Sauvant et al., 2004). Deux types de féveroles se distinguent par leur saisonnalité : la féverole d'hiver et la féverole de printemps. Les féveroles d'hiver sont généralement implantées en novembre et se récoltent en fin juillet, plus tôt que celles implantées au printemps (récolte fin août, voire septembre), avec des rendements moyens similaires. Ces rendements peuvent dans certaines situations atteindre 65 q/ha (Terres Inovia, 2019).

En France comme en Europe, les surfaces consacrées à la production de cette légumineuse ont connu de fortes évolutions (figure 3). En 1973, l'embargo des Etats-Unis sur le soja a déclenché l'ambition Européenne d'acquérir une certaine autonomie vis-à-vis des sources de protéines destinées à l'alimentation des animaux d'élevages (filères avicole, porcine et bovine) (CGDD, 2009 ; Duc et al., 2010). Les pois et les féveroles ont ainsi été intégrées à la liste des cultures bénéficiant d'aides financières permises par la PAC en 1978 (CGDD, 2009 ; Thomas et al., 2013). Un regain d'intérêt pour les féveroles a alors été observé dès les années suivantes ; 76 200 ha leur sont consacrées en 1984 pour seulement 20 900 ha en 1978 (Eurostat, 2020). Par la suite, différentes décisions politiques et économiques ont conduit à la baisse significative de leurs surfaces (13 000 ha en 1999). Ce n'est qu'au début des années 2000, à la suite de deux années à forts rendements (1998 et 1999 – figure 3) et par l'opportunité d'un marché commercial (export des fèves pour l'alimentation humaine vers l'Egypte) que les surfaces consacrées aux cultures de féveroles repartent à la hausse jusqu'à atteindre 151 300 ha en 2010. En 2017, la féverole était le protéagineux le plus cultivé en agriculture biologique (et conversion) avec plus de 17 000 ha semés en France (Agence Bio, 2018). Cette surface représente près de 22% des surfaces totales de féverole française. En 2018, 60 700 hectares de féveroles étaient implantées en France (figure 4) soit 0,20% de la SAU française (Terres Univia, 2020). La féverole d'hiver est majoritairement cultivée sur la sole Française (61% de l'ensemble des surfaces de féverole). Elle est cultivée dans l'Ouest, le Centre et le Sud-Ouest de la France tandis que la féverole de printemps est plutôt cultivée dans l'Est, la Normandie et le Nord de la France (Wagner et al., 2019).

Aujourd'hui, malgré une production en baisse, la France se place parmi les principaux producteurs de féveroles d'Europe avec une production annuelle moyenne de 181 000 tonnes (2016-2018) derrière le Royaume-Uni (607 000 tonnes) et la Lituanie (230 000 tonnes). De son côté, la production allemande semble sur une dynamique croissante avec près de 170 000 tonnes récoltées par an. Au niveau mondial et grâce à la surface qu'ils y consacrent, la Chine et l'Ethiopie restent les principaux pays producteurs de féveroles (FAOSTAT, 2020).

Historiquement cultivée pour leurs graines riches en protéines, les féveroles intègrent aujourd'hui les systèmes de culture français pour des raisons agronomiques (Wagner et al., 2018). L'implantation de cette légumineuse permet par exemple aux agriculteurs d'ajuster et de diminuer la fertilisation azotée de la culture suivante (souvent un blé). L'intérêt économique est la seconde motivation des agriculteurs pour la cultiver. Le prix moyen des récoltes de féveroles payé aux agriculteurs conventionnels le 30 septembre 2016, 2017 et 2018 était de 168 euros/tonne (FranceAgriMer, 2019) bonifié par une aide couplée de la PAC (112 euros/ha en 2017). En 2019, les récoltes de féveroles sont majoritairement utilisées pour l'alimentation des animaux dans les élevages français. Près de 69% du volume totale de graine disponible (importations comprises) est principalement autoconsommé par les fermes françaises.

Evolutions des surfaces et des rendements de lentille en France de 1961 à 2019.

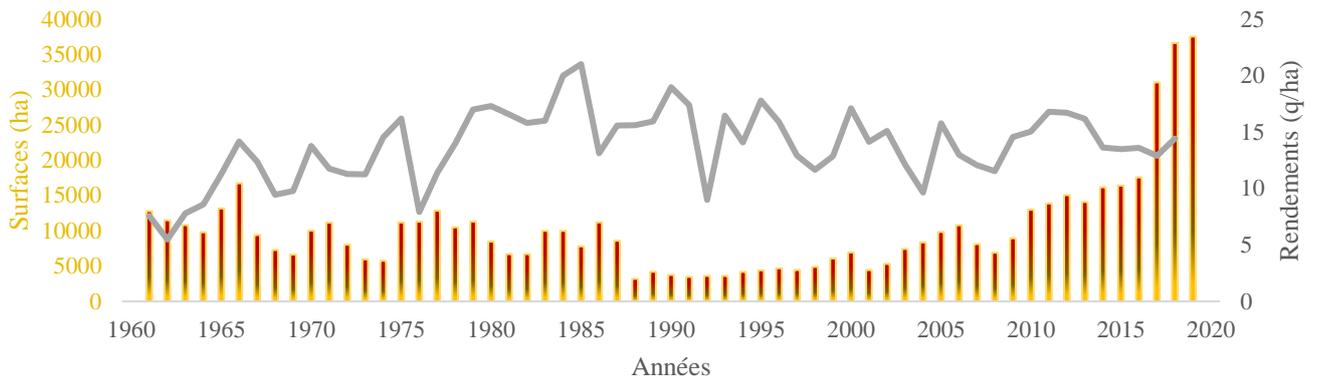


Figure 5: Evolutions des surfaces et des rendements de lentille en France de 1961 à 2019. (FAOSTAT, 2020)

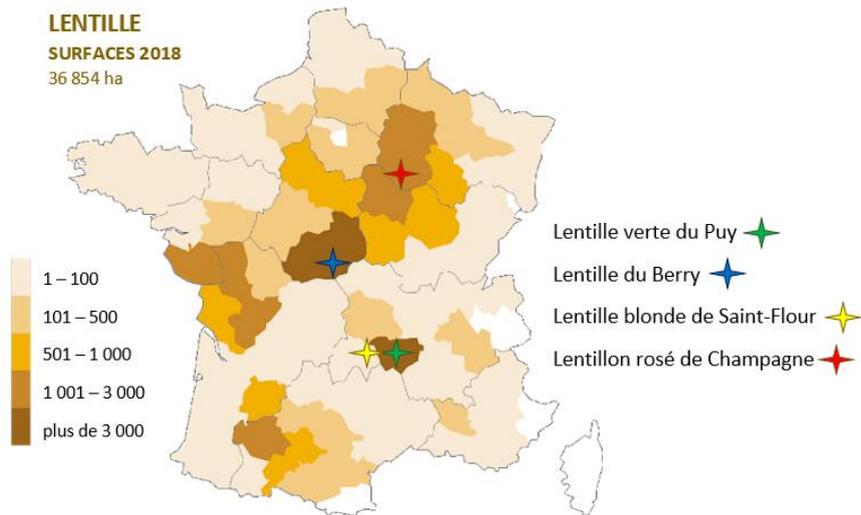


Figure 6: Surfaces de lentille cultivées en France en 2018. (Terres Univia, 2019)

Un très gros volume de cette production est aussi exporté vers des pays de l'Union Européenne. La France exporte notamment de plus en plus de féverole vers la Norvège qui utilise cette source de protéines végétales pour l'élevage de poisson (annexe 1).

Enfin, 12% des volumes de féverole disponible en France ont pour destination l'alimentation humaine avec un marché stable en France (principalement la meunerie) et un marché qui s'est progressivement perdu pour l'export vers l'Égypte (Terres Univia et Terres Inovia, 2020). D'autres protéagineux sont préférentiellement cultivés pour l'alimentation humaine, c'est notamment le cas de la lentille.

b. Les lentilles

Légumineuse quasi universelle, la lentille comestible (*Lens culinaris*) est un protéagineux cultivé pour ses graines très nutritives. Les graines sont majoritairement composées d'amidon (45%), de protéines (25%) d'eau et de lipides (Ciquel, 2017). Les principales variétés de lentilles cultivées sont semées au printemps et récoltées en juillet/Août avec des rendements compris entre 10 et 20 q/ha (figure 6), pouvant dans certains cas atteindre 25 q/ha. Avec un marché qui était majoritairement assuré par les collectivités, les plats cuisinés et la conserverie (Ricard, 2007), la lentille fait l'objet d'un réel engouement ces dernières années avec plus de 100 000 ha implantés sur 3 ans (figure 5). Le développement de ce marché est certainement en lien avec la diminution de la consommation de viande en France (Tavoularis et Sauvage, 2018). De plus, l'effort réalisé par les industriels de l'agroalimentaire pour rendre les légumineuses attractives a certainement contribué à ce phénomène (Sciences et Avenir, 2018). En 2018, près de 37 000 ha de lentille étaient cultivés en France (0,13% de la SAU française). Les principaux départements producteurs étaient l'Indre, le Cher et la Haute-Loire (figure 6).

Différents types de lentilles sont cultivés en France. Leur production est souvent en lien avec un terroir (Ricard, 2007). Ces lentilles sont souvent différenciées par leur couleur et sont parfois dotées de signes officiels de qualité :

- La lentille verte : Référence de la lentille Française, elle est incarnée par la variété Anicia. Les graines sont petites et bombées de couleur brun-vert et bleuté. Deux grandes appellations lui ont été attribuées en France : les lentilles vertes du Puy (AOC) et les lentilles du Berry (Label rouge) (Terres Univia, 2020).

- La lentille blonde : Aussi appelée lentille jaune, ses graines sont larges et plates de couleur pâle. Les deux variétés principales sont Flora et Santa. Une démarche d'obtention d'AOP est en cours avec la production de la lentille Blonde de Saint-Flour.

- La lentille corail : Cette lentille a la particularité d'être vendue après décorticage afin de laisser apparaître sa couleur vive (rouge). Elle est produite avec la variété Rosana.

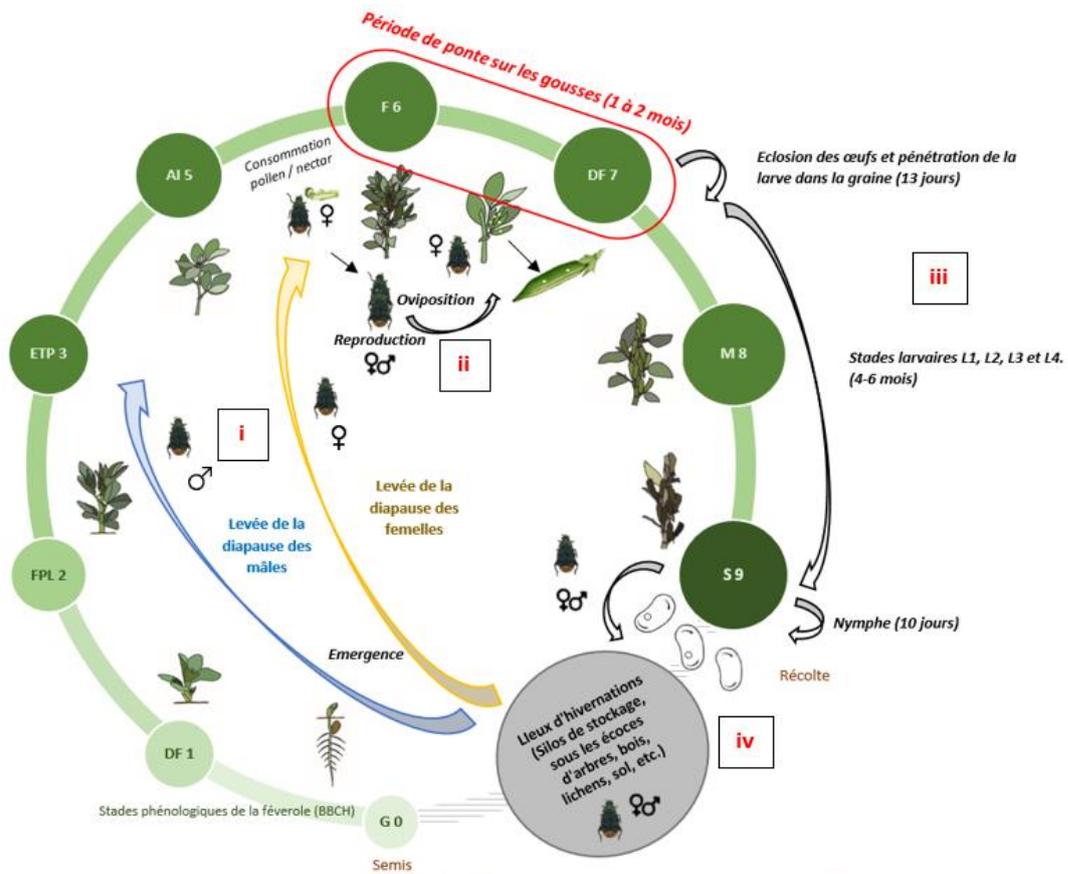
- La lentille noire : Surnommée « le caviar des végétariens », elle est produite à partir de la variété Beluga, originaire du Canada.

- Le lentillon rosé de champagne : Cette lentille a la particularité d'être semée en hiver en association avec une céréale (souvent de l'épeautre ou du seigle). Le lentillon de champagne fait également l'objet d'une demande d'appellation (IGP).

Le prix payé aux agriculteurs pour cette production est très variable selon le type de vente (en gros ou au détail) et le type de production (agriculture conventionnelle, biologique, labellisée, etc.). De plus, l'importation de lentilles canadiennes influence énormément les cours du marché de la lentille française (Perdrix, com. pers.). A ce jour, il est important de noter que la culture de la lentille ne bénéficie pas d'aides financières permises par la PAC (Cerfa, 2020).



Figure 7: *Bruchus rufinmanus* (Quintin, C)



Repères des principaux stades phénologiques de la culture :
 G 0 : Germination
 DF 1 : Développement des feuilles
 FPL 2 : Formation de pousses latérales
 ETP 3 : Elongation de la tige principale
 AI 5 : Apparition de l'inflorescence
 F 6 : Floraison
 DF 7 : Développement du fruit
 M 8 : Maturation

Levée de la diapause mâle :

- Photopériode minimale de 16h
- Températures de 15°C

Levée de la diapause femelle :

- Photopériode minimale de 16h
- Température de 15°C
- Consommation de pollen et de nectar (diapause reproductive)

Figure 8: Cycle biologique de *Bruchus rufinmanus* (d'après Delobel et Delobel, 2006 ; Hamani et Medjdoub-Bensaab, 2015 ; Leppik et al., 2014 ; Roubinet, 2016 ; Tran et Huignad, 1992 ; Tran et al., 1993)

Aujourd'hui, la France s'impose parmi les principaux producteurs de lentille en Europe au côté de l'Espagne (annexe 2). La production française de lentille repose presque uniquement sur la culture de la lentille verte devenue excédentaire (La France Agricole, 2019). En 2019, la production de lentille française est estimée à 50 000 tonnes. Cette production reste très nettement déficitaire avec près de 35 000 tonnes de lentilles importées (lentilles corail et blondes principalement) (Terres Inovia, 2020).

Aujourd'hui, la production de lentille en agriculture biologique ne suffit pas à répondre à une demande croissante des consommateurs.

c. Freins agronomiques pour les débouchés en alimentation humaine

La majorité des légumineuses sont des cultures connues pour leur sensibilité aux facteurs abiotiques et biotiques. Les stress climatiques, les maladies et les ravageurs impactent directement la quantité et la qualité des rendements.

Dans le contexte où ces cultures sont destinées à l'alimentation humaine, il est important de satisfaire les attentes du consommateur. Ce marché de l'alimentation humaine est exigeant, il doit répondre à des normes de sécurité sanitaires et à un cahier des charges stricte.

A partir d'un certain seuil de graines bruchés (3% une année classique) les lots de féverole et de lentille ne peuvent pas être commercialisées sur le marché de l'alimentation humaine (Boizet, 2015 ; Bretin et al., 2018). Des seuils plus tolérants peuvent toutefois être appliqués selon les contrats et selon les années (Biarnès et al., 2020).

A noter que pour la féverole, les graines recherchées pour l'alimentation humaine sont celles ayant un gros calibre avec une couleur homogène.

2. Etat de l'art sur les bruches

Les bruches sont des coléoptères de la famille des *Bruchidae* (Genre : *Bruchus*, Sous-famille : *Bruchinae*). Leur cycle de développement est intégralement calé au développement des espèces hôtes qu'ils colonisent (insectes spécialistes). Il existe différentes espèces de bruches inféodées à la féverole et à la lentille.

a. Bruche de la féverole

Trois espèces de ce ravageur sont aujourd'hui identifiées sur féverole en France : *Bruchus rufimanus* (principale espèce observée), *Bruchus affinis* et *Bruchus flavimanus*. (Huignard et al., 2011 ; Balachowsky et al., 1962 ; Parker, 1957).

Bruchus rufimanus (Bohemann 1833):

L'adulte de la bruche de la féverole est d'apparence marron/noir (figure 7), il mesure entre 3,5 et 5 mm. Cet insecte est également inféodé aux lentilles, aux gesses aux pois protéagineux, aux vesces et aux haricots (Hoffmann, 1945). Son cycle de développement univoltin (une génération par an) est composé de 4 étapes clés : (i) l'émergence des adultes, (ii) leur reproduction, (iii) le développement larvaire et (iv) la diapause hivernale (figure 8).

Les adultes émergent des lieux d'hivernation en fonction de facteurs environnementaux extérieurs. Il est nécessaire que les températures atteignent au minimum 15°C et la photopériode doit être suffisamment longue (16h de luminosité au minimum). Plus les valeurs de ces deux paramètres sont importantes, plus l'activité des bruches est stimulée (Huignard et al., 2011 ; Tran et al., 1993). Les adultes sont floricoles, ils consomment les organes floraux des plantes hôtes. Cet insecte serait capable de se déplacer jusqu'à 2 kilomètres de distance afin de trouver sa source d'alimentation (Hoffmann et al., 1962). Leur vol pourrait également être réalisé à 8-10 mètres d'altitude (Balachowsky et al., 1962), ce qui laisse supposer la forte propagation de ces insectes par les airs.

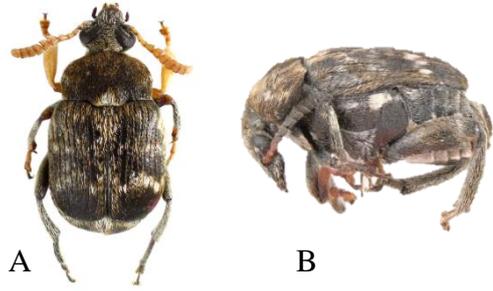


Figure 9: *Bruchus signaticornis* (A) et *Bruchus lentis* (B).
(Photos ; J-D. Chapelin-Viscardi ; S. hinkley & K. Walker)

Le pollen et le nectar des fleurs, couplés à plusieurs facteurs environnementaux comme la température et la luminosité, permettent à la femelle d'acquérir son pouvoir reproducteur (Boughdad, 1994 ; Delobel et Delobel 2006 ; Medjdoub-Bensaad et al. 2015). Après accouplement, les femelles pondent leurs œufs (jusqu'à 200) sur les gousses disponibles, (Hamani et Medjdoub-Bensaad, 2015 ; Hoffmann et al., 1962 ; Medjdoub-Bensaad et al., 2015). Les gousses positionnées sur les premiers étages sont souvent les plus exposées aux pontes (Ward, 1999). Cette oviposition, s'étend sur environ 5 semaines (Medjdoub-Bensaad et al. 2015 ; Ward 2018) . Par la suite la jeune larve éclot, perce la gousse et se réfugie pour s'y développer : elle est cléthrophage. Le développement de quatre stades larvaires s'en suit durant un période allant de 4 à 6 mois. Par la suite, la larve se nymphose. Quelques jours plus tard, l'imago émerge de la graine par une perforation circulaire de la cuticule de la graine. Deux stratégies d'émergence se distinguent : l'émergence précoce (75 à 80 jours) et l'émergence tardive due à une diapause de la larve ou de l'adulte dans la graine (3 mois et plus). Le développement physiologique de ces larves et la stratégie d'émergence de l'insecte sont conditionnés par la température et l'humidité de l'environnement.

La bruche adulte de la féverole hiverne dans les graines sèches, sous les écorces d'arbres, dans les prairies, les bois et sous les lichens (Hoffmann et al., 1962; Leppik et al., 2014 ; Tran, et al., 1993). Cette hibernation est induite par une diminution de la photopériode et par de faibles températures (Dupont et Huignard, 1990). D'après Tran et al. (1993), une période d'au moins trois mois de froid et d'obscurité continu serait nécessaire à la bruche pour devenir sensible aux facteurs qui mettent fin à sa diapause.

Bruchus affinis (Frölich, 1799) et Bruchus flavimanus (Gyllenhal, 1833) :

Les cycles biologiques de ces deux espèces n'ont pas été retrouvés dans la littérature.

b. Bruche de la lentille

Deux espèces de bruches sont observables en France sur lentille ; *Bruchus signaticornis* et *Bruchus lentis*. Une troisième espèce, moins décrite dans la bibliographie, serait aussi présente : *Bruchus ervi* (Balachowsky et al., 1962). Leur cycle de développement semble se rapprocher de celui de la bruche de la féverole (*Bruchus rufimanus*) à quelques exceptions près.

Bruchus signaticornis (Gyllenhal, 1833) :

De plus petite taille que *Bruchus rufimanus* (2,8 à 3,5 mm), l'adulte de couleur brun foncé est inféodé à la lentille, au caroubier, à la gessette, à la gesse et à différentes vesces. La femelle est capable de pondre 50 à 60 œufs (Ephyta, 2018 ; Hoffmann 1945) sur une période de ponte débute fin mai et se termine fin août. Les œufs sont déposés sur les jeunes gousses (Hoffmann, 1945). La larve primaire éclot au bout de quelques jours et pénètre dans la gousse puis dans la graine. A la suite d'une mue, elle se transforme en larve secondaire apode. Chaque graine de lentille abrite un seul adulte au maximum (Bretin et al. 2018). L'émergence des adultes a lieu en mai/juin l'année suivante. Cette espèce est davantage présente dans le sud de la France. C'est la principale espèce de bruche qui a été observée et piégée au champ en 2018 par Terre Inovia en 2018.

Bruchus lentis (Frölich, 1799) :

Cette espèce est inféodée aux lentilles et aux vesces. Elle mesure de 3 à 3,5 mm et présente des mouchetures blanchâtres. Six stades larvaires sont réalisés par cette espèce dont 4 sont apodes. En 1956, De Luca met en évidence que les graines de lentilles peuvent abriter plusieurs larves de bruche. Une d'entre elles seulement pourra terminer son développement jusqu'à la formation de l'imago qui émergera en mai/juin (De Luca, 1956). Cette espèce est présente sur la quasi-totalité du territoire Français.



Figure 10: Dégats de *Bruchus rufimanus* sur un lot de graines de féverole (source personnelle)

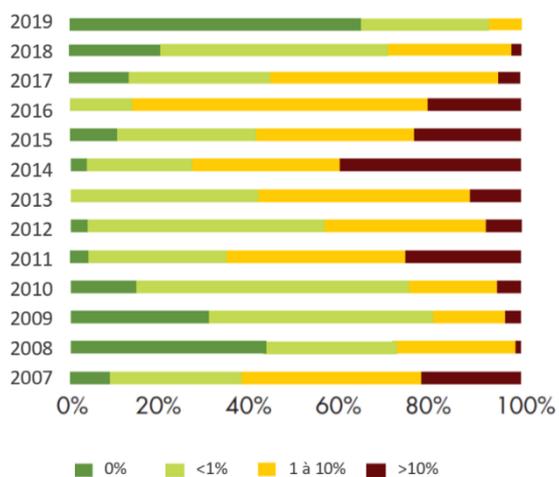


Figure 11: Pourcentages des graines de féverole bruchées au sein de lots collectés en coopératives et/ou négoce par Terres Inovia de 2007 à 2019 (Terres Inovia, 2017, 2020).

c. Dégâts sur cultures

Les dégâts causés par les bruches sur les graines de féveroles (figure 10) sont de plusieurs types : la perforation des graines déprécie la valeur commerciale des récoltes et diminue le pouvoir germinatif des graines de 8% environ (Boughdad, 1994). Aujourd'hui, aucune étude n'a réellement permis de quantifier les pertes de rendement occasionnées par la bruche sur la féverole, elles sont considérées comme négligeables. Cependant, après l'émergence d'un imago, une perte moyenne de 2,8% du poids sec des graines est observée.

Un suivi régulier des infestations de bruche sur les récoltes de féverole a été réalisé par Terre Inovia ces dernières années (figure 11), les plus fortes pressions de l'insecte semblent avoir eu lieu en 2011, 2014, 2015 et 2016 avec systématiquement au moins 20% des lots analysés avec plus de 10% de graines bruchées.

Concernant la lentille, les bruches ne provoquent pas de baisse significative du rendement au champ ; cependant une graine ayant abrité une larve est quasiment entièrement détruite à la sortie de l'adulte (Bretin et al., 2018). Lorsque le semis est réalisé avec des graines infestées, des pertes de rendement peuvent toutefois être observées, elles sont dues à une diminution du nombre de plantes levées (Vlachostergios et al., 2018).

d. Facteurs favorisant leur présence

Différents facteurs peuvent influencer la présence et la pression de ce ravageur au sein des parcelles agricoles :

- la météo et le climat : Lorsque les températures maximales journalières atteignent 20°C deux journées consécutifs, les conditions sont très favorables au vol des bruches. A noter que les gels tardifs et les fortes humidités leur sont défavorables (Balachowsky et al. 1962 ; Huignard et al., 2011).

- l'environnement des parcelles : La proximité d'une parcelle avec de plantes hôtes (primaires et/ou secondaires) favorise l'alimentation des bruches et contribue au maintien de leur activité. De plus, les silos de stockage, les haies et les bois (lieux d'hivernations en général) sont des infrastructures sources d'infestation. (Biarnès et al., 2020 ; Sanon, 1997 ; Bretin et al., 2018 ; Ward, 2018)

- les pratiques culturales : Certaines pratiques culturales peuvent favoriser la présence des bruches à la parcelle. L'utilisation de semences infestées peut augmenter les risques de colonisation sur la culture. Le choix des variétés, le choix de la date de semis et les rotations peuvent influencer la présence de bruche sur les cultures (Seidenglanz et Huňady, 2016 ; Stoddard et al., 2010 ; Szafirowska, 2012).

e. Ennemis naturels

Les bruches sont les proies de plusieurs espèces animales. Une grande diversité de parasitoïdes se développe aux dépens des œufs et des larves de bruches. De plus, les bruches seraient également les proies d'araignées, d'une multitude de prédateurs généralistes et d'oiseaux (De Luca, 1956).

f. Moyens de lutte

Il existe différentes méthodes de lutte contre les bruches ; celles-ci peuvent être réalisées pendant le cycle végétatif de la culture ou bien lors du stockage (Chapelin-Viscardi et al., 2019).

Lorsque la larve pénètre dans la gousse pour atteindre la graine, il n'est plus possible de stopper son développement. La lutte en végétation cible donc les bruches adultes avant et pendant la période de ponte. Aujourd'hui, la protection des cultures de féverole et de lentille vis-à-vis de la bruche est délicate, laborieuse et peu efficace. En effet, une seule application d'insecticide à base de lambda-cyhalothrine est autorisée pendant la période de floraison. Cette fenêtre d'intervention correspond également à la principale période de risques d'infestations.

De plus, ce traitement phytosanitaire doit être réalisé en dehors de la présence d'abeilles, c'est-à-dire le matin ou le soir lorsque l'activité des bruches est moindre (Taupin 2003). L'unique usage de cette matière active est déconseillé pour éviter l'apparition de résistances, certaines matières actives peuvent être utilisées en dehors de la période de floraison (annexe 3). Différents travaux ont été menés pour améliorer l'efficacité de ces traitements. Ils ont permis de mettre au point un outil d'aide à la décision pour optimiser les chances de protéger les cultures tout en minimisant l'usage d'insecticides. L'OAD Bruchi'LIS, proposé aux agriculteurs par Arvalis, permet de prendre en compte les facteurs climatiques, environnementaux et variétaux pour déclencher les traitements insecticides (Garrabos et al., 2007). Le recours à cet outil semble aujourd'hui insuffisant étant donné qu'un seul traitement insecticide est autorisé en période de floraison. Différentes expérimentations ont été réalisées par Arvalis et la Fnams pour tester l'effet de l'augmentation du volume de bouillie, de l'ajout d'adjuvants, du décalage de la date de semis, du choix spécifique et variétal pour lutter contre la bruche. Ces pratiques n'ont visiblement pas permis de réduire la pression des bruches sur féverole (Arvalis et Fnams, 2014). Aujourd'hui, les chercheurs agronomes explorent de nouvelles pistes. Utiliser des huiles, des micro-organismes, de la kaolinite et des infradoses de fructose n'a pas permis de diminuer les dégâts de bruche sur féverole (Buridant et Ruck, 2018). Actuellement, deux nouvelles pistes prometteuses sont travaillées pour permettre la gestion des bruches ; la piste du piégeage et la piste génétique. Basés sur l'utilisation de composés organiques volatils (COV) pour attirer les bruches, les pièges proposés par la start-up AgriOdor sont actuellement à l'étude. Ces pièges ont pour objectif de capturer les individus adultes de *Bruchus rufimanus* avant leur reproduction. En parallèle et à plus long terme, deux génotypes de féverole résistants pourraient permettre (par croisement) de réduire la sensibilité des féveroles vis-à-vis de la bruche. Des travaux sont aussi en cours sur lentille pour identifier des variétés plus résistantes.

Après récolte, la lutte contre la bruche reste possible au stockage. Pour contrôler les populations de ce coléoptère, plusieurs techniques (chimiques et physiques) sont mises en place par les collecteurs et les agriculteurs. Un traitement insecticide avec du K-obiol UVL 6 (deltaméthrine et butoxyde de pipéronyle) permet de lutter efficacement contre les bruches qui émergent. Ce traitement présente une persistance de 6 mois et laisse des résidus de substances insecticides sur les graines. Cette technique ne permet pas de lutter contre les larves contrairement à la fumigation des stocks avec de la phosphine. L'usage de ce gaz ne laisse pas de résidus mais son application nécessite toutefois un personnel formé et des structures de stockages adaptées. La thermo-désinfection (50-70°C) et la congélation des récoltes (-18 à -20°C) peuvent également permettre de lutter contre les bruches. De plus, le stockage sous atmosphère contrôlée (anoxie des insectes) et l'application de terre de diatomée (provoque la mort de l'insecte par des microcoupures) sont des techniques qui peuvent être déployées par les agriculteurs. La mise en place de ces moyens de lutte repose sur un multitude de critères (économique, sanitaire, pratique et technique).

Pour une gestion optimale de ces ravageurs, il est indispensable de raisonner les décisions agronomiques à l'échelle du système de culture voir même à l'échelle du territoire.

3. Problématique et objectifs du stage

Dans un contexte où certains producteurs de féverole et de lentille semblent impuissants face aux dégâts de bruche impactant la durabilité des filières auxquelles ils sont liés, le groupe Soufflet et INRAE ont décidé de travailler en coopération pour étudier, concevoir et expérimenter de nouvelles solutions durables et innovantes permettant de maîtriser les populations de bruche.

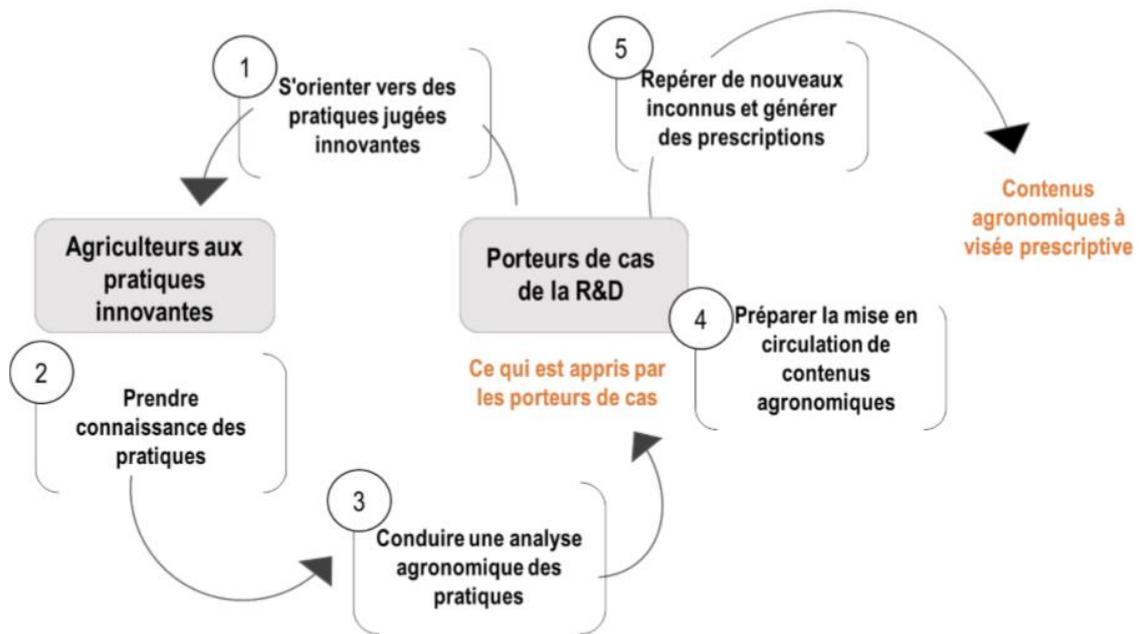


Figure 12: Les différentes étapes de la traque aux innovations (Salembier, 2019)

L'objectif de ce stage est d'identifier, d'analyser des pratiques culturelles innovantes, alternatives à l'utilisation d'insecticides de synthèse, déployées par des agriculteurs pionniers pour lutter contre les bruches de la féverole et de la lentille.

Cette mission de stage consiste à réaliser une traque aux innovations en ferme. La méthodologie suivie pour la réaliser reposera en grande partie sur celle proposée par Salembier en 2019 mais nécessitera quelques adaptations liées à l'objet étudié

Il est important de noter qu'à la différence de nombreux travaux réalisés dans le domaine de la recherche en agronomie, la méthode de traque aux innovations est inductive. Les hypothèses sont formulées au fur et à mesure de l'analyse des résultats

III. Matériel et méthodes

La traque aux innovations est un processus qui repose sur 5 étapes fondamentales (Salembier, 2019 : figure 12) : (i) s'orienter vers des pratiques jugées innovantes, (ii) prendre connaissances des pratiques, (iii) conduire une analyse agronomique des pratiques, (iiii) préparer la mise en circulation de contenus agronomiques et enfin (v) repérer de nouveaux inconnus et générer des prescriptions. Nous allons décrire ces étapes et la manière dont nous les avons adaptés et mises en œuvre dans notre cas d'étude.

1. S'orienter vers des pratiques jugées innovantes

Dans notre étude, cette étape a mobilisé plusieurs moyens complémentaires visant (i) à définir ce que l'on cherche et (ii) le repérer.

a. Déterminer les pratiques de références

La traque aux innovations vise à identifier des pratiques qui se distinguent de pratiques dites dominantes. C'est en se basant sur ces pratiques «de référence» qu'il sera possible d'identifier et de préciser ce que l'on cherche. Ces pratiques de référence, pour la production de féveroles et de lentilles, ont été obtenues à la suite d'entretiens réalisés avec plusieurs professionnels. Nous nous sommes également appuyés sur une récente enquête réalisée par Terre Inovia pour définir la pratique de référence sur féverole.

b. Enquêter les « têtes de réseaux »

Les enquêtes des têtes de réseau visaient à obtenir des contacts d'agriculteurs ayant des pratiques originales, innovantes et efficaces pour contrôler les bruches par rapport à d'autres agriculteurs. Les acteurs du système de R&D français, en contact étroit avec des agriculteurs, peuvent être source de tels contacts. Certains d'entre eux ont donc été contactés dans ce but. Ce travail d'enquête avait pour objectif d'identifier des agriculteurs innovants de manière directe ou indirecte :

Identification directe :

Les professionnels spécialisés dans la culture de féveroles et de lentilles ont été contactés par téléphone afin d'identifier, au sein de leur réseau respectif, de potentiels agriculteurs innovants. Pour évaluer l'efficacité de ces innovations, comme pour comprendre la logique agronomique derrière le choix des techniques, nous nous sommes appuyés en partie sur les observations et les interprétations faites par les agriculteurs.

Identification indirecte :

Nous avons complété notre méthodologie, issue de la bibliographie, par un autre moyen de repérer les agriculteurs innovants. En effet, nous souhaitons identifier des agriculteurs « performants », c'est-à-dire ayant peu de graines bruchées dans leur récolte. Ces agriculteurs ne sont pas facilement repérables par les têtes de réseau. Nous avons donc proposé de compléter notre repérage par l'analyse de bases de données élaborées par des organismes collecteurs s'intéressant à la qualité sanitaire des lots de graines qu'ils réceptionnent. Ces bases contiennent une description des taux de bruches des lots livrés par les agriculteurs, et sont, pour certaines, disponibles sur plusieurs années. Les méthodes de caractérisation du taux de bruche étant diverses, nous avons porté une attention particulière à celles mobilisées pour chaque base de données mobilisée. De plus, nous nous sommes servis des informations mentionnées sur certaines bases de données (type d'agriculture et localisation des agriculteurs notamment). Tous ces critères ont été importants à prendre en compte pour cibler les agriculteurs à contacter.

c. Recueillir des témoignages sur un réseau social

Les réseaux sociaux sont de plus en plus mobilisés par les agriculteurs. Ces plateformes leur permettent d'échanger sur des sujets très diversifiés, notamment autour de leurs expériences. Nous avons donc mobilisé quatre « groupes Facebook », spécialisés dans le partage d'informations agronomiques, pour repérer des agriculteurs intéressants par rapport à notre problématique. Un message a été publié sur chacun de ces groupes. Ce message visait à recueillir, par l'intermédiaire de commentaires, des témoignages, des observations et des exemples de pratiques mises en place pour lutter contre la bruche en ferme. Par la suite, les internautes ayant décrits une pratique innovante pour lutter contre la bruche ont été contactés par l'envoi d'un message personnel.

2. Prendre connaissance des pratiques innovantes

Pour collecter des informations sur les pratiques d'agriculteurs, plusieurs voies sont envisageables. Dans notre cas d'étude, nous nous sommes informés sur les pratiques d'agriculteurs en aval de leur réalisation par le biais d'entretiens semis-directifs. Ces entretiens ont été réalisés par téléphone ou par rencontres.

a. Organisation d'un entretien semi-directif

Un entretien semi-directif se compose d'une série de questions ouvertes. Dans notre cas, cet entretien nous a permis de récolter des informations sur les pratiques de l'agriculteur, sur les raisons pour lesquelles il les a mises en place, sur ses motivations et sur les observations qu'il a faites. De plus, nous avons obtenus les interprétations éventuelles qu'il s'est construit et et les interrogations qu'il s'est posées. Cette manière de procéder correspond particulièrement aux études de cas que nous mobilisons pour ce travail.

b. Eléments à aborder avec les agriculteurs

Les entretiens ont été préparés en amont de la prise de contact. Sept points essentiels ont été abordés avec les agriculteurs (annexe 4). Selon les enquêtes, ces points ont été plus ou moins approfondis.



Figure 13: Itinéraire technique de référence pour la culture de féverole (Arvalis, 2019)

3. Conduire une analyse agronomique des pratiques

A la suite des entretiens, des analyses agronomiques qualitatives ont été réalisées. Ces analyses, réalisées par cas, avaient pour objectif de comprendre la logique et le fonctionnement des pratiques mises en œuvre. Nous avons cherché à préciser les objectifs que se sont fixés les agriculteurs, les pratiques qu'ils avaient mis en œuvre pour y parvenir, et à mettre en évidence les liens entre les deux. Nous avons également cherché à préciser l'effet de ces pratiques sur les populations/dégâts de bruche à la parcelle, sur la base des témoignages des agriculteurs appuyés par des éléments bibliographiques. Tous les éléments recueillis auprès des agriculteurs innovants ont ensuite servi à la conception de contenus agronomiques diffusables.

4. Préparer la mise en circulation de contenus agronomique

La quatrième étape de la traque repose sur la préparation à la mise en circulation de contenus agronomiques. En effet, il apparaît pertinent de générer des contenus agronomiques afin de partager, à d'autres agriculteurs ou conseillers par exemple, les pistes d'innovations et les connaissances acquises par les agriculteurs, permettant de contrôler les populations et ou dégâts de bruche. Cette étape consiste à produire des connaissances pour valoriser, voire enrichir, ce qu'on a appris sur les pratiques.

5. Repérer de nouveaux inconnus

La dernière étape de la traque vise à soulever les attentes et les nouveaux inconnus qui émergent au travers de nouvelles questions de recherche.

IV. Résultats

1. Les pratiques de référence

Les féveroles destinées à l'alimentation humaine et les lentilles sont des cultures majoritairement conduites en agriculture conventionnelle.

a. Conduite de référence d'une culture pure de féverole en agriculture conventionnelle

Les féveroles majoritairement produites pour l'alimentation humaine, sont des féveroles de printemps. Leurs graines sont plus grosses que celles des féveroles d'hiver et leur couleur est plus homogène (Biarnès, com. pers.). L'une des variétés très utilisée pour ce type de débouché est la variété Espresso. Une pratique culturale type est représentée figure 13.

L'enquête menée en 2018 par Terres Inovia, auprès des producteurs français (Wagner et al., 2018; près de 500 réponses) révèle que les féveroles de printemps, cultivées en pures, sont semées à une densité moyenne de 48 graines/m². Leur semis est réalisé entre février et avril. Les féveroles de printemps sont généralement désherbées en prélevée et traitées contre les principales maladies cryptogamiques. La plupart des agriculteurs qui la cultivent, applique au moins un insecticide, mais certains interviennent à plus de trois reprises. Ces interventions phytosanitaires sont principalement menées pour lutter contre les sitones (41% des situations), contre la bruche (25% des situations) et contre les pucerons (18% des situations). En général, les insecticides utilisés contre la bruche se composent de lambda-cyhalothrine. Une application de Karaté Zéon est par exemple autorisée lors de la floraison (en dehors de la présence

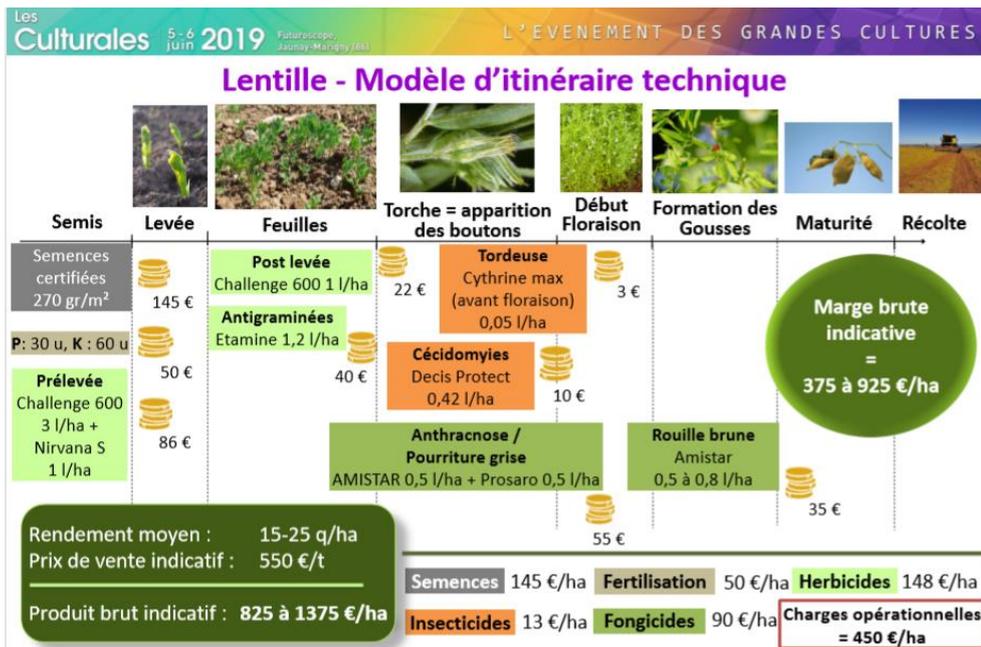


Figure 14 : Itinéraire technique de référence pour la culture de lentille (Arvalis, 2019)



Figure 15: Répartition géographique des têtes de réseau contactées (Source personnelle)

d'abeilles) à raison de 0,625 l/ha (dose homologuée). Le coût de ce traitement est estimé à 8 euros par hectare. La récolte des féveroles de printemps est généralement réalisée en août, à 17-18% d'humidité. En moyenne, la féverole est insérée dans une rotation de 6 ans chez les agriculteurs conventionnels qui ont répondu à l'enquête.

b. Conduite de référence d'une culture pure de lentille en agriculture conventionnelle

La lentille verte Anicia est la principale variété cultivée sur le territoire français (Riquet, com. pers.). Un exemple de son itinéraire technique est présenté par la figure 14.

Cette lentille de printemps est semée en culture pure à une densité moyenne de 270 graines/m² en mars-avril. Elle est généralement désherbée après la levée. Elle est « protégée » des principales maladies cryptogamiques comme l'anthracnose, la pourriture grise et la rouille brune par 1 à 2 fongicides, en moyenne. Avant et pendant la floraison, les principaux ravageurs ciblés par l'usage d'insecticides sont les cécidomyies et les tordeuses. Aujourd'hui, les agriculteurs ne traitent plus leur culture de lentilles pour contrôler les populations de bruche (Ayrault, com. pers.). Généralement, leur récolte commence début juillet lorsque l'humidité des graines est inférieure à 16%. Il est conseillé de respecter un délai de retour de 5 ans dans la même parcelle cependant les rotations constatées sur le bassin de production des lentilles vertes du Puy sont plus court (3 à 4ans). Le cahier des charge de cette production autorise également le retour d'une culture de lentille un an sur deux. (Sauvant, com. pers.).

c. Une gestion sanitaire des récoltes privilégiées chez les organismes stockeurs

Différentes méthodes de lutte contre les bruches sont généralement mises en place par des organismes stockeurs. Dans cette étude, nous nous intéresserons à tous les moyens de lutte mis en place par les agriculteurs pour gérer les bruches au stockage.

2. Repérage des agriculteurs

a. Des agriculteurs innovants repérés directement auprès des têtes de réseau

Environ 80 professionnels ont été enquêtés sur le territoire français métropolitain (figure 15). Les principales personnes contactées travaillaient au sein d'organismes privés (47 %) ou au sein de chambres d'agriculture (25%). Ce réseau nous a permis d'identifier une quinzaine d'agriculteurs. Neuf agriculteurs ont été identifiés par une entreprise réalisant du toastage en ferme, seul 2 d'entre eux ont été contactés. Au total, 8 agriculteurs ont été contactés (la plupart étaient des producteurs de féverole).

b. Identifications des agriculteurs performants à partir de base de données

Grâce aux notations/observations réalisées par différents organismes collecteurs, nous avons pu travailler sur l'identification d'agriculteurs livrant des récoltes peu touchées par des infestations de bruches. Les bases de données sur lesquelles nous avons travaillé ont été confectionnées en suivant différents protocoles. Elles ont été recueillies auprès de coopératives valorisant les récoltes de lentille et de féverole pour l'alimentation humaine ou ayant un réseau d'agriculteurs multiplicateurs de semences. Pour chacune de ces bases de données, nous avons également eu accès à des informations sur la localisation approximative des producteurs et des informations sur les variétés qu'ils cultivaient. Dans ces bases de données, chaque lot analysé était référencé à un producteur codifié.

i. Bases de données pour identifier des producteurs de féverole :

Deux bases de données ont été utilisées pour repérer les producteurs de féverole ayant des récoltes peu bruchées.

Base de données confectionnée par la coopérative Vivescia :

Vivescia est un groupe coopératif principalement présent dans le Nord-Est de la France. Spécialisée dans la production et la collecte de céréales, cette société développe une partie de ses activités par la production de semences de féverole de printemps. Par l'accès à leur base de données, nous avons pu prendre connaissance des taux d'infestation de bruches dans les lots collectés, chez 8 agriculteurs multiplicateurs de semences pour 2018 et 2019. Ces notations ont été obtenues à partir d'analyses réalisées en laboratoire sur des échantillons représentatifs collectés chez les agriculteurs au mois de septembre. Les graines ont été ouvertes en deux afin de comptabiliser celles infestées par les bruches. La notation finale est exprimée en pourcentage de graines avec bruches. En 2018 comme en 2019, de fortes variabilités d'infestations de bruches ont été observées (de 4% à 36% d'infestation).

Sans se fixer de seuil d'infestation, nous souhaitions contacter les agriculteurs dont les lots étaient les moins infestés. Parmi ceux que nous avons repérés (3 agriculteurs, ayant entre 4 et 5 % d'infestation en 2018), seul un agriculteur a répondu favorablement à notre enquête (5% d'infestation en 2018).

Base de données confectionnée par la coopérative Axérial :

Principalement présent dans le centre de la France, Axérial est une coopérative agricole et agroalimentaire Française. Une partie de ses activités repose sur la production de semences. La base de données sur laquelle nous avons pu travailler regroupait plusieurs informations sur les producteurs de semence de féverole de 2015 à 2019. Tous les agriculteurs qui étaient référencés sur cette base de données cultivaient la féverole en agriculture biologique. Chaque ligne correspondait à un lot réceptionné. Les notations faites sur les graines bruchées ont été réalisées à partir d'échantillons représentatifs prélevés à la récolte et/ou lors de la réception des lots en usine (de 2 à 6 mois après la récolte). En règle générale, la recherche des graines bruchées a été réalisée sur un échantillon de 500g obtenu après homogénéisation et divisions successives. Les graines ont minutieusement été observées sur une surface plane pour détecter celles ayant un orifice (indiquant qu'une bruche adulte est sortie) et celles présentant un opercule circulaire (lorsque la bruche adulte n'était pas émergée). La proportion des graines bruchées a été obtenue après pesée, elle a été exprimée en pourcentage. La plupart des infestations de bruches constatées chez ces multiplicateurs de semence ne dépassait pas 10%.

Pour identifier les agriculteurs les plus pertinents à contacter, nous nous sommes basés sur leur historique de production. Nous avons préféré contacter les producteurs ayant livré plusieurs lots peu bruchés lors de ces 3 dernières années, plutôt que de contacter les agriculteurs ayant livré un seul lot peu bruché. Nous avons également porté une attention plus particulière aux notations réalisées sur les lots réceptionnés en usine ; ces observations font l'objet de notations plus précises étant donné que les bruches adultes ont eu plus de temps pour émerger. Au total, sur 15 agriculteurs identifiés comme « performants », 3 agriculteurs ont été enquêtés.

ii. *Base de données pour identifier des producteurs de lentille*

Les bases de données recueillies auprès des groupes Soufflet et Qualisol sont les bases de données les plus conséquentes sur lesquelles nous avons pu travailler : près de 400 agriculteurs référencés sur la base Soufflet, près de 150 sur la base Qualisol.

Base de données confectionnée par le groupe Soufflet :

La plupart des agriculteurs référencés sur cette base de données étaient engagés en agriculture conventionnelle. Les notations « bruches », disponibles sur cette base de données, ont été obtenues à la suite d'un test réalisé en laboratoire en août ou septembre. Ce test consistait à plonger les lentilles une quinzaine de minutes dans l'eau afin d'observer d'éventuelles bruches vivantes. Les lots ont été notés selon la présence de bruche (présence/absence). Ces notations concernaient l'analyse des récoltes réceptionnées de 2017 à 2019. L'ensemble de ce jeu de données a été analysé. En moyenne, la moitié des lots ont été révélés positifs (présence de bruche).

Nous avons principalement axé nos recherches sur l'identification de lots produits en agriculture biologique dépourvus de bruche car on sait par avance que ces lots n'ont pas fait l'objet de traitements à base de produits phytosanitaires de synthèse. Nous nous sommes également intéressés aux agriculteurs conventionnels ayant livré des lots totalement sains pendant plusieurs années. De plus, nous avons élargi notre champ de recherche en ciblant des agriculteurs ayant livré beaucoup de lots (plus de 10) dont quelques-uns seulement étaient bruchés. Au total, 9 agriculteurs ont été contactés dans le cadre de cette étude, dont 2 en agriculture biologique.

Base de données confectionnées par la coopérative Qualisol :

Le groupe coopératif Qualisol est implanté dans le Tarn et Garonne. Parmi ses nombreuses activités, cette coopérative transforme et distribue des produits issus de l'agriculture biologique. Le jeu de données sur lequel nous avons pu travailler était uniquement composé d'analyses réalisées sur des lots de lentilles produites en agriculture biologique (entre 2017 à 2019). L'analyse de ces lots a été réalisée par agréage. Ces analyses consistent à caractériser un échantillon représentatif du lot réceptionné en usine par un tri manuel. Pour détecter les lentilles bruchées, une pression manuelle a été exercée sur la lentille ; si la lentille se cassait elle était considérée comme bruchée. Certaines étapes de tri précédant la notation des graines bruchées ont éliminé des impuretés dont des graines cassées (celles-ci ayant pu abriter des bruches).

Les agriculteurs qui nous semblaient les plus pertinents à contacter étaient ceux ayant livré les lots les moins bruchés et contenant le moins d'impuretés sur plusieurs années. De plus, certains producteurs ont été choisis selon leur localisation : les zones où la pression de l'insecte semblait forte ont été préférées (agriculteurs à proximité des silos de stockage de Qualisol et à proximité d'autres agriculteurs ayant des lots « très touchés »). Dix agriculteurs ont été enquêtés dans le cadre de cette traque.

c. *Repérage d'agriculteurs via Facebook*

Plusieurs internautes ont réagi aux publications postées sur les groupes Facebook.

Quatorze personnes ont directement commenté la publication sur le groupe « L'Agriculture de Conservation : le Semis Direct, les TCS, les Couverts... ». Dix personnes ont



« Je suis intéressé. Les bruches gros pb en France que ce soit feverole pois lentille. Tous ces coléoptères ont la peau dure :p » ●

« Mes feveroles sont sur ma partie bio et c'est curieux je n'ai jamais vu si peu de bruches ! Pourtant aucun traitement mais elles n'étaient pas très propres mais c'est peut-être le hasard » ●

« L'an dernier j'ai essayé de l'huile de cade dissoute dans de l'huile au pin : peu probant à la germination 31 % de non levées qui donnent une idée du préjudice. L'idée c'est de leurrer la bruche par un perturbateur olfactif comme l'huile de lavande détourne les poux de tête accueillante. Une piste à retester de manière moins empirique en croisant les pistes ? cette années elles sont semées avec du fenugrec, on verra si ça détourne les bruches ??? » ●

« Je suis en bio. Nos pratiques sont les suivantes, tout d'abord nous ne faisons que des metails ce qui aide au bio-contrôle des agresseurs et la rotation est sur une durée de 6 ans. 3 ans de prairies. Jusqu'ici, seulement quelques grains bruché » ●

« Constat que en culture associées avec une céréales, la pression est moins importante. » ●

« Moins d'attaque association blé feveroles. » ●

- L'Agriculture de Conservation : le Semis Direct, les TCS, les Couverts...
- Les agriculteurs bio de France
- Autonomie protéique : méteil, soja, luzerne...

Figure 16 : Commentaires recueillis à la suite de la traque réalisée sur 4 groupes Facebook (Source personnelle)

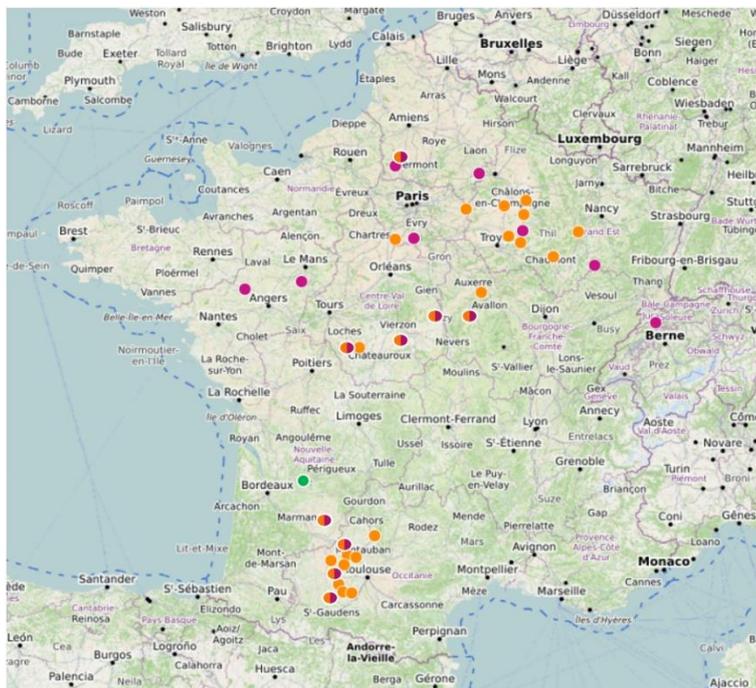


Figure 17: Répartition géographique des agriculteurs contactés lors de la traque selon leur(s) production(s). [points orange : producteurs de lentille, points violets : producteurs de féverole, point vert : producteur de châtaigne] (Source personnelle)

également commenté le message déposé sur le groupe « les agriculteurs Bio de France. Cinq personnes ont répondu à l'annonce sur le groupe « Autonomie Protéique : méteil, soja, luzerne... ». Deux personnes ont réagi sur le groupe « Agro-écologie, agronomie et actualité agricole ». Certains commentaires laissés par les internautes ont été retranscrits sur la figure 16.

Un message personnel a été envoyé aux personnes ayant mentionnées des pratiques culturelles qui semblaient innovantes. Trois agriculteurs ont répondu à ce message et ont fait l'objet d'une enquête par téléphone.

3. Identification des pratiques culturelles innovantes

A l'exception du premier entretien, toutes les enquêtes ont été réalisées par téléphone. (en lien avec la pandémie de covid19). Les échanges ont duré de 15 à 45 minutes environ. Lors de ces échanges, certains agriculteurs nous ont conseillé de contacter des personnes de leur réseau personnel (méthode boule de neige) ce qui a conduit à 37 agriculteurs enquêtés au total (figure 17). Les agriculteurs mentionnés dans la partie suivante ont volontairement été anonymisés.

4. Description des pratiques innovantes et performantes

a. Cas des résultats obtenus pour la féverole :

Les pratiques agricoles innovantes ont été regroupées selon trois types de pratiques se distinguant : (i) la culture de féverole pure en agriculture biologique, (ii) la mise en place d'associations culturales binaires, (iii) la culture de féverole au sein de méteils et (iv) le toastage des récoltes.

Type F1 (Féverole – type 1) : Cultiver la féverole en agriculture biologique.

Cette pratique consiste à bannir l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse pour protéger les cultures. Plusieurs outils sont régulièrement utilisés comme la herse étrille, la houe rotative et la bineuse. Dans notre cas d'étude, l'agriculteur enquêté multipliait de la semence de féverole de printemps pour un organisme privé. Deux variétés étaient cultivées par cet agriculteur : la variété Mélody et la variété Divine.

Monsieur HEN a mis en place cette pratique culturelle de 2001 à 2013. Après cette période, la pression des bruches était visiblement trop forte pour poursuivre la multiplication de semences en agriculture biologique. D'après les observations qu'il a pu réaliser en champ, la diversité et l'abondance des insectes auxiliaires présents au sein de la culture ont pu jouer un rôle essentiel pour perturber l'étape de reproduction des bruches : « *A mon avis, c'est la population d'insectes globale... Quand vous avez des gousses (sous-entendu de féverole) qui ont du puceron vert, du miella ou du machin je pense que ça doit fortement déranger la bruche pour pondre ou peut-être que la ponte est parasitée j'en sais trop rien mais le fait qu'il n'y ai pas du tout d'insecticide et puis qu'il y ai tout un cortège d'auxiliaires et de parasites... c'est un constat !* ». Les cultures de cet agriculteur étaient visiblement moins touchées que celles d'autres agriculteurs voisins qui cultivaient de la féverole en agriculture conventionnelle. En moyenne, ses récoltes contenaient 2 à 5 % de graines bruchées.

En effet, d'après Nakai et al. (2011), plusieurs parasitoïdes oophages et larvophages peuvent parasiter les œufs et les larves de bruches. L'activité de ces parasitoïdes peut diminuer si des insecticides sont pulvérisés (Rafalimanana, 2003). De plus, plusieurs prédateurs opportunistes comme les coccinelles, les punaises et les carabes peuvent consommer les œufs de bruches (Jaloux, com. pers.). Leur présence peut également être favorisée dans les systèmes

conduits en agriculture biologique (Lalonde, 2011). Certains de ces auxiliaires peuvent également être attirés par la présence de pucerons.

Type F2 : Mettre en place une association culturale binaire.

Certains agriculteurs ayant eu peu de bruches cultivaient la féverole en association binaire. Dans ce cas, la culture de féverole était associée avec une céréale (avoine ou orge). Ce type d'association a été mis en place avec des cultures d'hiver. En association, la densité de semis des féveroles, chez les agris concernés par cette pratique était de 20 à 26 graines/m² (moins dense qu'en pure). La céréale est semée en densité plus forte que la féverole : 142 graines/m² à 285 graines/m² d'avoine environ. Chez un autre agriculteur, une féverole de printemps a été associée avec du pois fourrager.

D'après monsieur GUI, l'association de la féverole avec de l'avoine permettrait de réduire la reconnaissance olfactive de la plante hôte par la bruche. Cette hypothèse repose sur des observations réalisées il y a une quinzaine d'années : la même année, une récolte de féverole associée à de l'avoine était moins bruchée qu'une récolte de féverole cultivée en pure. Un autre agriculteur, monsieur MEN, a également constaté que cette association pourrait défavoriser les ravageurs : « *Et l'avoine bon... il a quelque chose qui a l'air de défavoriser un peu les ravageurs en général* ». D'après Jaloux (com. pers.), l'association d'une céréale avec une légumineuse permettrait de favoriser la présence d'auxiliaires généralistes comme les carabes. L'hypothèse proposée par monsieur GUI n'a pas été vérifiée à ce jour.

De son côté, l'agriculteur qui a associé une culture de féverole avec une culture de pois fourrager est persuadé qu'il serait nécessaire de travailler les associations culturales pour perturber les bruches : « *Je suis convaincu que, potentiellement, si on veut leurrer des insectes il faut implanter des plantes ; ce qu'on peut appeler des plantes de diversion et aussi des plantes compagnes, qui vont émettre des signaux ou des odeurs* ». D'après Jaloux (com. pers.), perturber la reconnaissance olfactive des féveroles est possible ; cependant utiliser des espèces très odorantes ne semble pas suffisant pour un perturber la reconnaissance de la féverole par la bruche. En effet, les bruches sont capables de reconnaître des molécules odorantes par le biais de « récepteurs » spécialisés. L'association de ces deux légumineuses reste toutefois très pertinente. Ces deux légumineuses émettent des molécules (kairomones) qui servent à la reconnaissance de chacune d'entre-elles. L'émission de ces composés organiques peut potentiellement brouiller la reconnaissance de ces différentes espèces (Jaloux, com. pers.). Repéré à l'aide d'un réseau interne à l'INRAE, cet agriculteur avait mis en place cette association en 2019. Sa récolte, bruchée à 17%, figurait parmi les récoltes de féverole les moins bruchées par comparaison à celles d'autres agriculteurs (gamme d'infestations de 13% à plus de 80%).

Type F3 : Cultiver la féverole par la mise en place d'un méteil.

Un méteil est un mélange d'espèces composé au minimum de deux céréales et de deux légumineuses. Deux agriculteurs enquêtés ont cultivé la féverole en méteil. L'un des deux méteils était semé en hiver et l'autre au printemps :

Méteil fourrager d'hiver : Le méteil cultivé par monsieur GAN était composé de deux céréales différentes (blé et avoine) et de deux légumineuses (féverole et vesce). Il a été semé à une densité totale de 317 graines/m² environ. Les deux principales espèces étaient le blé et l'avoine (50% et 30% des graines semées respectivement). La féverole représentait environ 9%



Figure18: Photo du méteil fourrager cultivé par monsieur MIG en 2019

des graines semées pour une densité de semis souhaitée à 28 graines/m². Ce méteil a été implanté plusieurs années à l'aide d'un semoir à céréale. Depuis 2019, la féverole est semée séparément à l'aide d'un semoir monograine afin de mieux contrôler la densité de semis. Aucun traitement phytosanitaire n'a été utilisé sur ce méteil ces dernières années. Chez ces deux agriculteurs, les graines étaient destinées à l'alimentation animale.

Monsieur GAN nous a expliqué les raisons pour lesquelles il pense que ces cultures sont moins touchées par les dégâts de bruches. C'est à la suite de discussions avec d'autres agriculteurs (cultivant la féverole en culture pure) qu'il a constaté que ses pratiques permettaient certainement de diminuer la pression de la bruche. D'après lui, l'abondance d'insectes auxiliaires au moment de la floraison des féveroles (notamment en mai 2019) permettrait de réguler les populations de bruche ; « *A mon avis, la bruche s'est faite régulée par d'autres insectes dans le secteur* ».

Méteil fourrager de printemps : Le méteil cultivé par monsieur MIG (figure 18) était semé au printemps. Il était composé d'un nombre plus important d'espèces que le méteil implanté en hiver : céréales (avoine blanche, avoine rude et triticale), légumineuses (féverole – variété Fuego, trèfle blanc, gesse, vesce, fenugrec et lentille), lin et cameline. Au total, près de 1 300 graines sont semées par mètre carré. Le trèfle blanc (principalement utilisé pour couvrir le sol et concurrencer les adventices) et la cameline représentent la plus grande proportion de graines semées (47% et 18 % respectivement) tandis que la féverole de printemps représente 3% des graines semées (40 graines/m² environ). Afin de favoriser un développement végétatif rapide, ce mélange est semé assez tard (1^{ère} ou 2^{ème} semaine d'avril). Les graines sont ensuite récoltées à 15-17% d'humidité et sont utilisées pour l'alimentation des animaux de la ferme.

Selon monsieur MIG, associer des espèces végétales au sein de méteils permettrait de perturber la reconnaissance de la féverole par la bruche : « *En association, il y a moins l'odeur de féverole donc l'insecte est perturbé* ». Cet agriculteur a observé une diminution des dégâts causés par la bruche depuis qu'il cultive la féverole en association. Selon lui, les cultures de féverole pures qu'il a cultivées il y a une dizaine d'années étaient plus touchées que les cultures qu'il cultive aujourd'hui (en méteil).

Les deux arguments utilisés par les agriculteurs cultivant la féverole en méteil semblent cohérents et complémentaires. Les céréales permettraient de favoriser la présence d'auxiliaires et les différentes légumineuses cultivées en association pourraient perturber la reconnaissance des féveroles par les bruches (Jaloux, com. pers.)

Type F4 : Toaster les récoltes.

Plusieurs agriculteurs ont utilisé cette pratique. Le toastage des graines est une technique qui consiste à cuire les graines récoltées à 280°C. Cette technique est principalement utilisée dans les exploitations ayant un élevage pour augmenter la digestibilité des protéines des graines de légumineuses.

D'après le dirigeant de la société Protéa'Thermic, la cuisson des graines à cœur permet de tuer tous les insectes y compris les larves (Guégan, com. pers.).

b. Cas des résultats obtenus pour la lentille

Les pratiques agricoles innovantes découvertes sur culture de lentille ont été regroupées, sept types de pratiques se distinguent :

Type L1 (Lentille – Type 1) : Cultiver du lentillon de champagne associé à du seigle.

Monsieur SIM a cultivé une variété de lentille qui n'est pas implanté au printemps. Le lentillon de champagne a la particularité d'être semée en automne (fin octobre-début novembre) en association avec du seigle ou du grand épeautre (effet tuteur). L'agriculteur mettant en place cette pratique a choisi de semer le lentillon assez précocement (autour du 25 octobre) à une densité classique de 80kg/ha soit l'équivalent de 285graines/m² (similaire à la pratique de référence). Quant au seigle, il est semé à une densité de 30 kg/ha soit 120 g/m². Le lentillon est généralement récolté fin juillet. Lorsque la maturation de la culture est retardée par des pluies au mois de juin, l'agriculteur fauche et andaine les lentillons pour les récolter secs. Cette technique permet également de faire sécher les mauvaises herbes présentes dans la culture, celles-ci peuvent gêner la moisson des lentilles si elles ne sont pas sèches.

L'efficacité de cette pratique semble reposer sur la précocité de floraison intrinsèque à la culture. L'agriculteur qui l'a mise en place a été identifié à partir de la base de données du groupe soufflet. Il constate que le lentillon de champagne fleurit plus tôt que les lentilles de printemps. La floraison peut débiter 15 jours voire 3 semaines avant celle des lentilles de printemps. D'après lui, cette précocité permet de décaler le stade de sensibilité de la culture par rapport au cycle de développement des bruches : « *A mon avis, les vols de bruche... elles sont pas là quand il y a la floraison du lentillon* ».

D'après Bretin et al. (2018), la bruche de la lentille (*Bruchus signaticornis*) émergerait en juin. Cette hypothèse est donc plausible si la floraison des lentillons a lieu avant l'émergence des bruches.

Type L2 : Cultiver les lentilles de printemps en association avec une autre espèce.

Certains agriculteurs contactés lors des enquêtes ont cultivé la lentille en association. L'espèce compagne, souvent de la cameline ou du blé, est utilisée pour son effet tuteur afin de faciliter la récolte des lentilles. Certains agriculteurs ont cultivé leur lentille en association avec du seigle et du sarrasin.

D'après les expériences d'agriculteurs, l'association de la lentille avec une autre espèce pourrait réduire la pression des bruches, c'est notamment ce que laisse penser le témoignage recueilli auprès de monsieur SIM, producteur engagé en agriculture biologique livrant le groupe Soufflet : « *En lentillon, on a certainement le seigle qui doit faire un peu barrière aux vols parce que le seigle est plus haut* ». A ce stade, cette hypothèse n'a pas pu être vérifiée. Les observations réalisées par monsieur AOU indiqueraient également que l'association de la lentille verte avec du sarrasin permettrait de réduire les dégâts causés par les bruches. Cet agriculteur a pu réaliser cette observation à partir d'un événement « non contrôlé » : la repousse de sarrasin sur une des deux parcelles qu'il cultivait. Lors de la récolte, les vols d'hirondelles autour de la moissonneuse étaient moins nombreux dans la parcelle ayant du sarrasin : « *Honnêtement c'est un facteur qui ne trompe pas (rire). C'est un signe. Même avant récolte, si vous avez déjà des hirondelles au-dessus du champ c'est que c'est foutu ! (sous-entend qu'il y a des bruches dans le champ)* ». Après vérification sur la base de données de la coopérative Qualisol, un des deux lots semblait en effet moins bruché (sans certitude qu'il s'agissait du lot récolté sur la parcelle ayant du sarrasin). Un lot était bruché à 0,7 % tandis que l'autre était bruché à 2,1%. Ce lot moins bruché présentait également moins d'impuretés (2,5% d'impuretés contre 4,5%).

L'effet possible de cette association reposerait sur l'attractivité du sarrasin vis-à-vis de nombreux auxiliaires (Jaloux, com. pers.).

Type L3 : Appliquer des préparations naturelles peu préoccupantes (PNPP).

Les préparations naturelles peu préoccupantes sont des produits conçus en ferme pour la protection phytosanitaire des plantes. Plusieurs préparations ont été utilisées par un agriculteur de la Marne. Ces préparations se composent notamment de purin d'ortie, d'une mixture de bactéries, de lactosérum, de sucre et plus rarement d'huiles essentielles (citronnelle de java). Ces préparations sont diluées au même moment ou séparément dans 100-120 litres d'eau. Cette bouillie est ensuite pulvérisée sur les cultures en végétation de manière assez récurrente (tous les 15 jours si possible).

Cette technique de production nous a été présentée par un agriculteur identifié à partir de la base de données du groupe Soufflet. Les lots livrés par cet agriculteur ont été notés « sains » pendant 3 années consécutives. D'après monsieur ARN, les éliciteurs présents dans les préparations qu'il pulvérise permettent de protéger les cultures en prévention d'éventuelles infestations et ou maladies : « *C'est vertueux, ce sont des éliciteurs, vous allez mettre les choses dans un bon ordre* ». monsieur ARN utilise notamment du purin d'ortie et du sucre. Le purin d'ortie, obtenu après fermentation, présente des effets insecticides et/ou répulsifs qui peuvent expliquer ces résultats (Ikhlef et Mohamed, 2017 ; Madani, 2017). De plus, l'application de sucres (fructose ou saccharose) en infradoses (1 à 10g/100l) peut également perturber certains phyto-agresseurs (Derridj, 2009).

Type L4 : Écimer les mauvaises herbes au-dessus des lentilles.

Le salissement des cultures de lentille est une problématique principalement rencontrée en agriculture biologique. (En agriculture conventionnelle, les adventices sont gérés à l'aide d'herbicides qui semblent efficaces). Lorsque les adventices sont développées au-dessus du niveau des lentilles, certains agriculteurs écimement les mauvaises herbes avant que leurs graines deviennent matures. Les repousses de moutarde, d'avoine folle, de tournesol, de chardon et de sarrasin sont par exemple écimées chez des agriculteurs de la région toulousaine.

À la suite d'une observation faite sur ses cultures, un producteur nous a interpellé sur l'effet éventuel de l'écimage des mauvaises herbes au-dessus des cultures de lentille. En 2017, monsieur MEN a fait le choix d'écimer des repousses de moutarde en deux passages afin de limiter leur effet concurrentiel et afin de limiter leur égrainage. Cette même année, il a constaté que ses cultures étaient moins infestées par les bruches : « *La moutarde a des effets, surtout qu'on l'a écimée donc quand on écime ça fait des aérosols et il y a du glucosinolate alors peut-être que ça les contrarie les bruches mais ce n'est pas sûr, ce sont des hypothèses* ». Trois autres agriculteurs identifiés sur la base de données de la coopérative Qualisol nous ont indiqué qu'ils avaient déjà pratiqué cette technique pour écimer des folles avoines, des tournesols, des chardons ou du sarrasin. Différents matériels peuvent être utilisés pour écimer les mauvaises herbes.

D'après Jaloux (com. pers.), les glucosinolates induits par une blessure mécanique semblent moins intensément produits que lorsque la blessure est induite par un insecte. De plus, les composés organiques volatils induits par ces glucosinolates pourraient ne pas être détectés par les bruches. L'effet de cette technique reste donc hypothétique.

Type L5 : Choisir les parcelles selon leur exposition.

Monsieur MEN et monsieur COM ont observé que les parcelles exposées au Sud qu'ils cultivaient semblaient plus touchées que celles exposées au nord.

Monsieur COM a également fait cette observation concernant les infestations de pucerons : « *Quand j'ai eu beaucoup de bruche c'était versant sud, est ce que c'est lié ou pas je sais pas. Vous savez c'est un peu comme le puceron, le puceron on a plus de dégâts versant sud que versant Nord. Est-ce que c'est parce que c'est plus ensoleillé ? plus chaud ? je sais*

pas ». En effet, l'activité des bruches est stimulée par l'augmentation des températures au-delà de 20°C (Ward, 2018). La chaleur peut également permettre une plus forte diffusion des kairomones attirant les bruches (Jaloux, com. pers.). Les parcelles exposées au Nord peuvent toutefois être infestées.

Type L6 : Congeler les récoltes de lentille après triage.

Après la récolte, un agriculteur nous a indiqué trier ses récoltes pour éliminer les graines bruchées. Par la suite, les récoltes sont stockées dans un conteneur frigorifique de 80m³. La température de congélation était de - 20°C. Cette pratique a été mise en place par un agriculteur valorisant ses récoltes en vente directe. De plus, certains prestataires extérieurs peuvent proposer ces services en ferme.

Cette pratique est très utilisée pour lutter contre les bruches lors du stockage. Il est conseillé de congeler les stocks pendant plus d'une semaine à -18/-20 °C (Bretin et al., 2018; Chapelin-Viscardi et al., 2019).

Type L7 : Stocker sous atmosphère contrôlée par recours aux big bags nox.

Après moisson, les récoltes sont stockées dans un big bag étanche. Un « vide » est créé à l'intérieur du big bag par aspiration de l'air. Dans un second temps, du dioxyde de carbone est injecté pour asphyxier les insectes.

Monsieur MAT a stocké ses récoltes de lentilles dans des big bags nox afin d'éliminer les insectes vivants. D'après Poujaud (com. pers.), ce type de stockage sous atmosphère contrôlée contenant plus de 30% de dioxyde de carbone, permet de tuer les insectes adultes sous 48 heures. Les larves seraient quant à elles asphyxiées au bout de quelques jours. Cette méthode de lutte est souvent utilisée pour des cultures à forte valeur ajoutée.

Type L8 : Utiliser de la terre de diatomée et de l'ail lors du stockage.

Monsieur BOU cultive la lentille en agriculture biologique dans l'Indre. Cet agriculteur nous a indiqué qu'il mettait plusieurs stratégies en place pour lutter contre la bruche lors du stockage. Il disperse manuellement 1kg de terre de diatomée sur ces récoltes. Par la suite, il répartit aléatoirement l'équivalent d'une gousse d'ail dans les stocks de lentille conditionnés en big bag. L'agriculteur nous explique que l'ail a un effet répulsif sur les insectes et que la terre de diatomée permettrait de tuer les bruches à la suite de microcoupure. Cet agriculteur a mis en place ces pratiques car il a constaté que ses récoltes étaient bruchées.

D'après Arnault et al., (2005), les composés soufrés des Alliées ont des effets physiologiques et des effets toxiques sur certains insectes dont des coléoptères (bruche du niébé et bruche du haricot par exemple). La terre de diatomée permet aussi de lutter contre les insectes, elle est notamment utilisée en Afrique de l'ouest pour protéger les récoltes de céréales et de légumineuses (Cissokho et al., 2015).

c. Pratique innovante qui peut être utilisée pour les deux espèces

Un agriculteur contacté nous a décrit une pratique qui pourraient fonctionner pour lutter contre les bruches au stockage.

Type FL1 (Féverole et Lentille – Type 1) : Désinsectisation des récoltes par l'utilisation d'ondes électro-magnétiques.

Cette pratique a été mise en place par un producteur de châtaignes afin de lutter contre certains ravageurs granivores. Les récoltes sont exposées à des micro-ondes pendant quelques minutes (4 à 8 minutes).

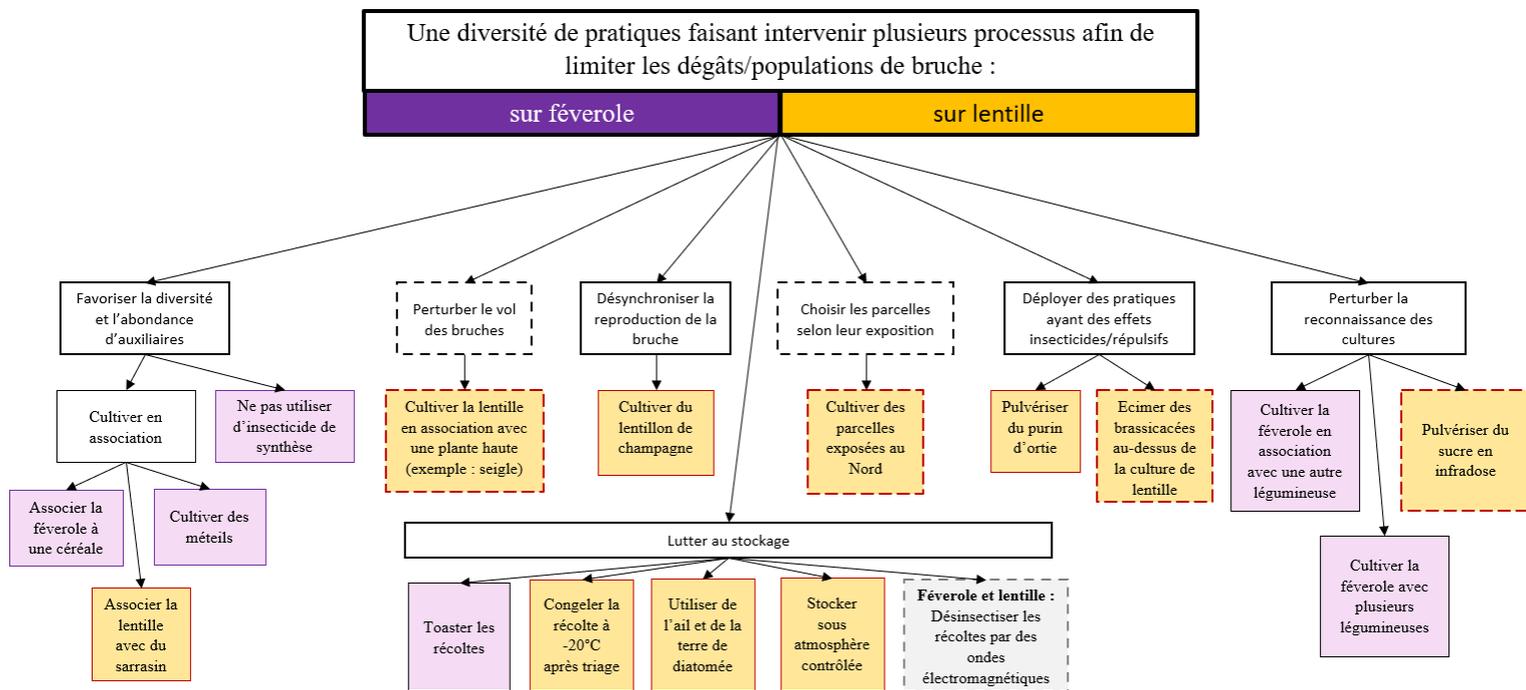


Figure 19 : Synthèse des processus et des pratiques innovantes déployés par les agriculteurs pour lutter contre les populations/dégâts de bruche sur féverole et lentille (les processus et les pratiques les plus incertaines sont encadrés par des pointillés). (Source personnelle)

Tableau 1 : Inconnus émergents suite à la traque aux innovations

Le cycle biologique des bruches	
Quelle stratégie de ponte adopte la femelle lorsqu'un ou plusieurs œufs sont déjà positionnés sur la gousse ?	Existe-t-il une relation directe entre les bruches et les pucerons ?
Les associations culturales	
Quelles espèces seront à associer pour perturber la reconnaissance olfactive des protéagineux par les bruches ?	Y a-t-il un effet de la densité de la féverole/lentille au sein de l'association qui permet un meilleur contrôle des bruches ?
Est-ce que les espèces hautes permettraient de perturber le vol des bruches ?	Quelles sont les espèces qui les concurrenceraient le moins ?
Les variétés cultivées	
Est-ce que certaines variétés de féverole/lentille seraient plus attractives pour les bruches ?	Est-ce que le décalage de la période de floraison des cultures permettrait de réduire la pression des bruches ?
L'effet des insecticides/répulsifs d'origine naturelle	
Est-ce que la pulvérisation d'infradoses de sucre permettrait de perturber les bruches ?	A quelle conditions l'écimage des mauvaises herbes permettrait de réduire la pression des bruches sur les parcelles ?
Les auxiliaires	Le vent
Quels sont leurs conditions de présence sur les cultures ?	Quel rôle joue le vent sur la propagation des populations de bruches ?
Les moyens de lutte au stockage	
Quel est l'impact des différentes méthodes de stockage sur les qualités organoleptiques des récoltes ?	A quelle température faut-il congeler les récoltes pour lutter contre les larves de bruche ?

Monsieur JEA a expérimenté puis développé une technique qui consiste à utiliser des ondes électro-magnétiques pour lutter contre les insectes qui se développent dans les fruits et/ou dans les graines. Les ondes se propagent au sein des récoltes par conductance. Les larves et les insectes, généralement plus riches en eau que la récolte elle-même, montent en température très rapidement jusqu'à atteindre une température létale (généralement 55-60°C). Ce traitement dure quelques minutes (4 à 8 minutes) et permettrait de préserver la qualité nutritionnelle du produit traité (Jean, com. pers.).

5. Mise en circulation de contenus agronomiques

Plusieurs processus induits par une multitude de pratiques culturales semblent permettre de contrôler les populations et/ou de dégâts de bruche sur féverole et sur lentille. Ces résultats sont synthétisés par la figure 19.

6. De nombreux inconnus émergents

De nombreuses questions de recherches ont émergées lors de cette traque (tableau 1). Les principales interrogations soulevées concernent :

- le cycle biologique des bruches
- les associations culturales
- les variétés cultivées
- l'effet des insecticides et/ou répulsifs d'origine naturelle
- les auxiliaires
- le vent
- les moyens de lutte au stockage

V. Discussion

La réalisation d'une traque aux innovations repose sur certaines étapes qui ont été identifiées par Salembier en 2019. Lors de cette étude, le repérage des agriculteurs a été complété par deux nouvelles stratégies : l'identification d'agriculteurs à partir de bases de données et la sollicitation d'agriculteurs sur un réseau social.

A partir de bases de données, nous avons pu orienter nos enquêtes vers des agriculteurs ayant eu des récoltes qui semblaient peu bruchées. En effet, les notations réalisées par différents organismes stockeurs nous ont permis de connaître le niveau d'infestation de récoltes, cependant, ces notations ont pu être biaisées par différents processus de triage et par l'émergence tardive des bruches (Bedoussac, com. pers.). Aujourd'hui, la radiographie des graines semble l'unique technique de notation permettant d'obtenir avec précision le niveau d'infestation des bruches dans les graines de légumineuses (Lacoffrette, com. pers.).

Par l'utilisation du réseau social Facebook, nous avons également pu élargir notre traque vers des agriculteurs impliqués dans le partage d'informations sur internet. Cette plateforme permet de connecter et d'engager différents acteurs agricoles (Cui, 2014).

Les résultats de cette traque reposent en partie sur des résultats empiriques. Aucune certitude n'est émise sur l'effet des pratiques décrites et analysées.

Plusieurs pratiques ont été mentionnées par les agriculteurs que nous avons enquêtés. Certains de ces leviers ont été conduits de manière combinée. La faible infestation de certaines récoltes nous a été expliquée par l'intermédiaire d'un ou de deux leviers alors que, potentiellement, plusieurs autres leviers (non mentionnés) ont pu contribuer à ces résultats. Il est difficile de dire si une pratique en particulier permet d'expliquer la faible infestation des cultures ou si ce résultat est dû à la combinaison et la synergie de différentes pratiques. Comme l'évoque Moussart et al. (2019), c'est en combinant une grande diversité de leviers que la protection durable des légumineuses à graines sera possible.

De plus, les facteurs climatiques et environnementaux, ont difficilement été pris en compte lors de cette étude.

Lors de cette étude, certaines pratiques évoquées par les agriculteurs ont été réalisées il y a plusieurs années. Les conditions dans lesquelles ces pratiques ont été menées ne certifient pas qu'elles seraient aussi efficaces dans les conditions de productions actuelles. D'après Biarnès (com. pers.), la pression des bruches aurait augmenté depuis un dizaine d'années suite à la modification de la réglementation des protections des cultures (retraits de certains insecticides et restriction du nombre d'applications). A titre d'exemple, monsieur HEN, qui avait constaté que ces cultures conduites en AB étaient moins infestées que celles d'autres agriculteurs en conventionnels, a finalement été contraint d'abandonner la production de semences de féverole en 2013 suite à la forte pression exercée par les bruches.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer la plus forte pression des bruches sur le territoire français. Le réchauffement climatique, l'augmentation des surfaces de production de ces cultures et l'apparition de phénomènes de résistances à certains insecticides peuvent favoriser la prolifération des populations de bruches.

Un des leviers évoqués par les agriculteurs pour diminuer la pression des bruches est de cultiver la féverole et la lentille en association. Cultiver ces cultures en association avec une ou plusieurs autres espèces suscite aujourd'hui beaucoup d'interrogations. Les associations culturales peuvent en effet permettre une diminution de la pression de certains ravageurs (Bedoussac, 2012 ; ITAB, 2012) et peuvent permettre d'accroître les performances économiques et environnementales des systèmes de productions (Pelzer et al., 2012) mais elles nécessitent d'être triées après récolte pour la vente en alimentation humaine. Le triage des récoltes nécessite un équipement spécifique et représente un coût de manutention non négligeable qui nous interpelle sur la faisabilité de valoriser ces récoltes en associations.

Aujourd'hui, la mise en place de pratiques innovantes pour gérer les bruches s'inscrit dans une démarche collective entreprise par de nombreux organismes professionnels.

La reconception de pratiques agricoles est également boostée par les groupements favorisant l'émergence de dynamiques collectives prenant en compte à la fois des objectifs économiques et environnementaux (GIEE).

VI. Conclusion

Cette traque aux innovations a permis d'acquérir des références sur différentes pratiques innovantes déployées en ferme pour maîtriser les populations/dégâts de bruche sur féverole et lentille. Deux types de pratiques se distinguent : les pratiques réalisées en champ et les pratiques conduites après récoltes.

Certaines de ses pratiques ont été mises en place dans l'objectif de lutter directement contre la bruche. Dans d'autres situations, les agriculteurs ont constaté que leurs pratiques, par l'intermédiaire de phénomènes souhaités ou non, initialement mises en place pour atteindre d'autres objectifs que celui de lutter contre un insecte (exemples : gérer les adventices, faciliter la moisson et augmenter la digestibilité des récoltes), permettaient de lutter contre les bruches.

Par l'analyse de ces pratiques innovantes, des références logiques et agronomiques ont été produites. Les différentes pratiques recensées, décrites et interprétées dans ce rapport constituent des ressources pertinentes et utiles à la conception de nouveaux systèmes. Ces ressources seront mobilisées lors des ateliers de conceptions organisés par INRAE et le Groupe Soufflet. Ces résultats seront également partagés auprès des personnes ayant contribué à la réalisation de ce travail.

VII. Bibliographie

AGENCE BIO, 2018. *Les chiffres clés de l'agriculture biologique en 2017* [en ligne]. 2018. Disponible à l'adresse : <https://www.agencebio.org/vos-outils/les-chiffres-cles/>

ARNAULT, I, ANDRÉ, I, DIWO-ALLAIN, S, AUGER, J et VEY, F, 2005. Propriétés pesticides des alliées. . 2005. pp. 40.

ARVALIS et FNAMS, 2014. Lutte contre la bruche du champ au stockage. [en ligne]. Le Robillard. 2014. Disponible à l'adresse : https://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/_plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream.jspz?id=24518&prop=file

ARVALIS, 2019. Les Culturelles 2019. . Chasseneuil-du-Poitou. 2019.

BALACHOWSKY, A. S., HOFFMANN, A. et LABEYRIE, V., 1962. *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Masson et Cie éditeurs. Paris. Société Entomologique de France

BEDOUSSAC, Laurent, 2012. Les Cultures Associées céréale / légumineuse en agriculture

BIARNES, Véronique, ROBERT, Céline et RUCK, Laurent, 2020. *Bruche : des graines perforées* [en ligne]. 17 février 2020.

BIARNÈS, Véronique, ROBERT, Céline et RUCK, Laurent, 2020. *Bruche : des graines perforées*. *Terres Inovia* [en ligne]. 7 mai 2020.

BLANCHART, E., VILLENAVE, C., VIALLATOUX, A., BARTHÈS, B., GIRARDIN, C., AZONTONDE, A. et FELLER, C., 2006. Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in southern Benin. *European Journal of Soil Biology*. 1 novembre 2006. Vol. 42, pp. S136-S144. DOI 10.1016/j.ejsobi.2006.07.018.

BOIZET, Fabienne, 2015. Nouvelles pistes pour la féverole. [en ligne]. mai 2015. N° 422. Disponible à l'adresse : [https://www.perspectives-agricoles.com/file/galleryelement/pj/d7/dc/e9/6f/422_8186530255114314600.pdfbruche de la fève](https://www.perspectives-agricoles.com/file/galleryelement/pj/d7/dc/e9/6f/422_8186530255114314600.pdfbruche%20de%20la%20fève)

BOUGHADAD, Ahmed, 1994. *Statut de nuisibilité et ecologie des populations de bruchus rufimanus bohemian, 1833 sur vicia faba au maroc* [en ligne]. thesis. Paris 11.

BRETIN, Lucile, LEVIEIL, Hélène, LURIER, Adrien, PIÉTRI, Léa et DIVO, Clément, 2018. Echos des Champs Bio. *Bio Bourgogne*. août 2018. N° 65, pp. 10.

BURIDANT, Charlène et RUCK, Laurent, 2018. Lutte contre la bruche : essai efficacité insecticides chimiques et biocontrôle. *Journée d'information technique -céréales et protéagineux*. 2018.

- CERFA, 2020. *Cultures et précisions • Campagne 2020 Liste des cultures à utiliser pour renseigner le descriptif des parcelles* [en ligne]. 2020. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation.
- CGDD, 2009. La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ? In : . 2009. Études et document.
- CHAPELIN-VISCARDI, Jean-David, DAUGUET, Sylvie, RIQUET, Gwénola, DUROUEIX, Franck et RUCK, Laurent, 2019. Bruches des légumineuses : gestion au champ et au stockage. . septembre 2019. N° 726, pp. 32-36.
- CIQUAL, 2017. Ciqual Table de composition nutritionnelle des aliments. [en ligne]. 2017.
- CISSOKHO, P. S., GUEYE, M. T., SOW, E. H. et DIARRA, K., 2015. Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2015. Vol. 9, n° 3, pp. 1644-1653. DOI 10.4314/ijbcs.v9i3.43.
- COLLIN, Benjamin, 2018. *Réduction de la dépendance à l'importation de matières riches en protéines des élevages bovins et porcins bretons* [en ligne]. other. Triskalia innovation, Zone Industrielle de Lanrinou, 29800 Landerneau. [Consulté le 5 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02080268>
- CUI, Yue, 2014. Examining Farmers Markets' Usage of Social Media: An Investigation of a Farmers Market Facebook Page. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*. 1 décembre 2014. Vol. 5, n° 1, pp. 87-103. DOI 10.5304/jafscd.2014.051.008..
- CULTIER, Florence, 2018. Nouvelles recommandations du PNNS 2018-2022. *Pepswork* [en ligne]. 16 juillet 2018.
- DE LUCA, Y., 1956. Contributions à l'étude morphologique et biologique de *Bruchus lentis* Frhl. Essais de lutte. . 1956. N° 10, pp. 1-94. Accepted: 2016-06-20T12:00:06Z
- DELOBEL, Bernard et DELOBEL, Alex, 2006. Dietary specialization in European species groups of seed beetles (Coleoptera: Bruchidae: Bruchinae). *Oecologia*. 23 juin 2006. Vol. 149, n° 3, pp. 428. DOI 10.1007/s00442-006-0461-9.
- DERRIDJ, Sylvie, 2009. L'induction de résistances de la plante à des phyto-agresseurs par des infra-doses de sucres : une nouvelle technologie. . 2009.
- DUC, G, MIGNOLET, C, CARROUÉE, B et HUYGHE, C, 2010. Importance économique passée et présente des légumineuses : Rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. . 2010. pp. 24.
- DUPONT, P et HUIGNARD, J, 1990. Relationships between *Bruchus rufimanus* (BOH)(Coleoptera: Bruchidae) and the phenology of its host plant *V. faba* L their importance in the special distribution of the insects. . 1990. Vol. 39, pp. 255-263.
- EPHYTA, 2018. Hypp : encyclopédie en protection des plantes - *Bruchus signaticornis*. [en ligne]. 2018.
- Eurostat - Data Explorer, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
- EUROSTAT, 2020. Eurostat - Data Explorer. [en ligne]. 2020. [Consulté le 15 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
- FAO, 2016. Les légumineuses et la biodiversité. . 2016. pp. 4. DOI I5389F/1/02.16.
- FAOSTAT, 2020. FAOSTAT. [en ligne]. 2020. [Consulté le 15 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FRANCEAGRIMER, 2019. *Conjoncture grandes cultures*. décembre 2019.
- FRANCEAGRIMER, 2020. [VISIONET] Séries Chronologiques. [en ligne]. 2020.
- GARRABOS, Pierre, BOUTTET, Delphine et HÉMET, Alexandre, 2007. Contre la bruche, Intervenir au bon moment. . 2007. N° 330, pp. 61-63.
- GUÉGUEN, Jacques, WALRAND, Stéphane et BOURGEOIS, Oriane, 2016. *Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humaine* [en ligne]. 1 septembre 2016.
- HAMANI, Siham et MEDJDOUB-BENSAAD, Ferroudja, 2015.
- HOFFMANN, Adolphe, LABEYRIE, V. et BALACHOWSKY, A. S., 1962. Famille des Bruchidae. In : *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Société Entomologique de France : Masson et Cie éditeurs. Paris. pp. 434-494. Société Entomologique de France
- HOFFMANN, Adolphe, 1945. *Faune de France 44 : Coléoptères, Bruchides et Anthribides* [en ligne]. Paris : FÉDÉRATION FRANÇAISE DES SOCIÉTÉS DE SCIENCES NATURELLES.
- HUIGNARD, Jacques, GHLITO, Isabelle et MONGE, Jean-Paul, 2011. *Insectes ravageurs des graines de légumineuses : Biologie des bruchinae et lutte raisonnée en Afrique* [en ligne]. Editions Quae. [Consulté le 6 février 2020]. Update Sciences & technologies. ISBN 978-2-7592-1659-8. Disponible à l'adresse : IKHLEF, Yassine et MOHAMED, Mustafa, 2017. Effet bio-insecticide de l'extrait hydro-alcoolique de la menthe et le purin de l'ortie in vivo sur la mineuse de tomate *Tuta absoluta*. [en ligne]. 2017.
- ITAB, 2012. Essai Association Céréales-Protéagineux en agriculture biologique (Campagne 2011-2012). . 2012.

- LA FRANCE AGRICOLE, 2019. Lentilles : Le marché excédentaire inquiète l'interprofession. *La France Agricole* [en ligne]. 20 février 2019.
- LALONDE, Olivier, 2011. Évaluation de l'abondance relative et de la richesse spécifique des carabes associées à différents systèmes culturaux et travaux de sol. [en ligne]. 2011.
- LAVOCAT, Lorène, 2020. Et si le coronavirus ouvrait la voie de l'autonomie alimentaire ? *Reporterre, le quotidien de l'écologie* [en ligne]. 2020.
- LEPPIK, E., PINIER, C. et FREROT, B., 2014. Paysage chimique d'une agrobiocénose : un exemple la féverole et son ravageur *Bruchus rufimanus*. In : *Association Française de Protection des Plantes – Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture* [en ligne]. Montpellier : INRA. 22 octobre 2014. pp. 10.
- LETERME, Pascal, 2002. Recommendations by health organizations for pulse consumption. *British Journal of Nutrition*. décembre 2002. Vol. 88, n° S3, pp. 239-242. DOI 10.1079/BJN2002712.
- MADANI, Abdelkhalik, 2017. Contribution à l'étude du bruche de pois chiche (*callosobruchus maculatus*) et l'effet du purin d'ortie sur leurs activités. . 2017.
- MBOW, Cheikh, ROSENZWEIG, Cynthia, BARIONI, Luis G, BENTON, Tim G, HERRERO, Mario, KRISHNAPILLAI, Murukesan, LIWENGA, Emma, PRADHAN, Prajal, RIVERA-FERRE, Marta G, TEK, Sapkota, FRANCESCO N, Tubiello et YINLONG, Xu, 2019. 5: *Food Security. Special Report on Climate Change and Land — IPCC site* [en ligne]. Chapter.
- MEDJDOUB-BENSAAD, F, FRAH, N, KHELIL, M.A. et HUIGNARD, Jacques, 2015. Dynamique des populations de la bruche de la fève, *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Chrysomelidae), durant la période d'activité reproductrice et de diapause. *B- Sciences Agronomiques et Biologiques*. juin 2015. N° 13, pp. 12-21.
- MERCIER, Pascal, MICHAUD, Quentin, OPPLERT, Marie et PERRARD, Valentin, 2016. *Autonomie protéique : Bilans d'expérimentations et orientations stratégiques* [en ligne]. 2016.
- MEYNARD, Jean-Marc, CHARRIER, François, FARES, M'hand, LE BAIL, Marianne, MAGRINI, Marie-Benoît, CHARLIER, Aude et MESSÉAN, Antoine, 2018. Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. *Agronomy for Sustainable Development*. 2 octobre 2018. Vol. 38, n° 5, pp. 54. DOI 10.1007/s13593-018-0535-1.
- MOUSSART, Anne, BARANGER, Alain, PLESSIX, Ségolène et JALOUX, Bruno, 2019. Quels nouveaux leviers pour protéger les légumineuses à graines contre les maladies et les ravageurs? *INRA*. novembre 2019. pp. 39-54.
- NAKAI, Zenta, KONDO, Tetsuya et AKIMOTO, Shin-ichi, 2011. Parasitoid attack of the seed-feeding beetle *Bruchus loti* enhances the germination success of *Lathyrus japonicus* seeds. *Arthropod-Plant Interactions*. septembre 2011. Vol. 5, n° 3, pp. 227-234. DOI 10.1007/s11829-011-9132-9.
- NULIK, Jacob, DALGLIESH, Neal, COX, Kendrick et SKYE, Gabb, 2013. Integrating herbaceous legumes into crop and livestock systems in eastern Indonesia. . 2013. Vol. 154, pp. 130.
- PARKER, H.-L., 1957. Notes sur quelques Bruches et leurs parasites élevés des graines de Légumineuses. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1957. Vol. 62, n° 7, pp. 168-179.
- PELZER, Elise, BAZOT, Mathieu, MAKOWSKI, David, CORRE-HELLOU, GUENAELLE, NAUDIN, Christophe, AL RIFAI, Mehdi, BARANGER, Edouard, BEDOUSSAC, Laurent, BIARNÈS, Véronique, BOUCHENY, Patrick, CARROUÉE, Benoit, DORVILLEZ, Daniel, FOISSY, Damien, GAILLARD, Bernard, GUICHARD, Laurence, MANSARD, Marie-Chantal, OMON, Bertrand, PRIEUR, Loïc, YVERGNIAUX, Moragne, JUSTES, Eric et JEUFFROY, Marie-Helene, 2012.
- PETIT, M. S., REAU, Raymond, DUMAS, Mélissa, MORAINÉ, Marc, OMON, B. et JOSSE, S., 2012. Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil. *Innovations Agronomiques (20)*, 79-100. (2012) [en ligne]. 2012.
- RAFALIMANANA, Halitiana, 2003. Evaluation des effets d'insecticides sur deux types d'Hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) et des parasitoïdes de pucerons : études de terrain à Madagascar et de laboratoire en France. . 2003. tel-00005703
- RICARD, Daniel, 2007. Le renouveau des productions agroalimentaires de qualité.. Le cas des lentilles blondes en France et en Italie. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*. 1 juin 2007. N° 109, pp. 71-77. DOI 10.4000/mediterranee.89.
- ROUBINET, Eve, 2016. *Management of the broad bean weevil (Bruchus rufimanus Boh.) in faba bean (Vicia faba L.)* [en ligne]. Report. Uppsala.
- SALEMBIER, Chloe, ELVERDIN, Julio Horacio et MEYNARD, Jean-Marc, 2015. Tracking on-farm innovations to unearth alternatives to the dominant soybean-based system in the Argentinean Pampa. *Agronomy for Sustainable Development*. 15 décembre 2015. Vol. 36, n° 1, pp. 1. DOI 10.1007/s13593-015-0343-9.SALEMBIER, Chloé, 2019. *Stimuler la conception distribuée de systèmes agroécologiques par l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs* [en ligne]. These de doctorat. Université Paris-Saclay (ComUE).
- SANON, Antoine, 1997. *Contribution à l'étude du contrôle biologique des populations de Bruchidae, ravageurs des graines de Niebe, Vigna Unguiculata Walp, au cours de leur stockage au Burkina Faso* [en ligne].

Université de Ouagadougou, Faculté des Sciences et Techniques.

SAUVANT, Daniel, PEREZ, Jean-Marc et TRAN, Gilles (éd.), 2004. *Tables of composition and nutritional value of feed materials: Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish* [en ligne]. The Netherlands : Wageningen Academic Publishers.

SCHNEIDER, Anne et HUYGHE, Christian, 2015a. *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires*. Editions Quae. ISBN 978-2-7592-2334-3. Google-Books-ID: OyQ0CgAAQBAJ

SCHNEIDER, Anne et HUYGHE, Christian, 2015b. *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables* [en ligne]. éditions Quae. ISBN 978-2-7592-2335-0.

SCIENCES ET AVENIR, 2018. SIAL 2018 : les légumineuses, l'avenir de l'alimentation ? *Sciences et Avenir* [en ligne]. 2018.

SEIDENGLANZ, M. et HUŇADY, I., 2016. Effects of faba bean (*Vicia faba*) varieties on the development of *Bruchus rufimanus*. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 29 mars 2016. Vol. 52, n° No. 1, pp. 22-29. DOI 10.17221/122/2015-CJGPB. Seidenglanz M., Huňady I. (2016): Effects of faba bean (*Vicia faba*) varieties on the development of *Bruchus rufimanus*. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 52: 22–29.

SIERRA, Jorge et TOURNEBIZE, Régis, 2019. 9: *Fixation symbiotique d'azote par les légumineuses en association. Résultats obtenus en Guadeloupe*. [en ligne]. Other. Inconnu.

STODDARD, F. L., NICHOLAS, A. H., RUBIALES, D., THOMAS, J. et VILLEGAS-FERNÁNDEZ, A. M., 2010. Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research*. 5 février 2010. Vol. 115, n° 3, pp. 308-318. DOI 10.1016/j.fcr.2009.07.002.

SZAFIROWSKA, Anna, 2012. The Role of Cultivars and Sowing Date in Control of Broad Bean Weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) in Organic Cultivation. *Vegetable Crops Research Bulletin* [en ligne]. 1 janvier 2012. Vol. 77, n° 1.

TAUPIN, Pierre, 2003. Bruche de la fève, la féverole fortement attaquée. . 2003. N° 293, pp. 72-73.

TAVOULARIS, Gabriel et SAUVAGE, Eléna, 2018. Les nouvelles générations transforment la consommation de viande. . 2018. N° 300.

TERRES INOVIA et ANILS, 2019. *Guide de culture lentille* [en ligne]. 2019.

TERRES INOVIA et TERRES UNIVIA, 2017. *Qualité des graines de féverole, Récolte 2016* [en ligne]. 2017.

TERRES INOVIA, 2019. Accueil - Institut technique de la filière des huiles et protéines végétales et de la filière chanvre. *Terres Inovia* [en ligne]. 2019.

TERRES INOVIA, 2020. Légumineuses : bilan 2019 et perspectives 2020. *Terres Inovia* [en ligne]. 2020.

TERRES UNIVIA et TERRES INOVIA, 2020. La fiche qualité des graines féverole - récolte 2019 est disponible ! *Terres Inovia* [en ligne]. 2020.

TERRES UNIVIA, 2015. *L'avenir de la filière Féverole Française* [en ligne]. 2015. [Consulté le 6 mai 2020]. Disponible à l'adresse : http://www.terresunivia.fr/sites/default/files/articles/publications/cultures_utilisations/protéagineux/4_pages_filiere_feverole.pdf

TERRES UNIVIA, 2020a. La féverole - Les espèces cultivées - Cultures & utilisation - Terres Univia. [en ligne]. 2020.

TERRES UNIVIA, 2020b. Lentille - Les espèces cultivées - Cultures & utilisation - Terres Univia. [en ligne]. 2020. [Consulté le 17 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.terresunivia.fr/cultures-utilisation/les-especes-cultivees/lentille>

THOMAS, Alban, SCHEIDER, Anne et PILORGÉ, Etienne, 2013. Politiques agricoles et place du colza et du pois dans les systèmes de culture. . 2013. Vol. 3, n° 1, pp. 73.

THOMÉ, Otto W., 1885. *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. [en ligne]. Gera, : Zezschwitz,.

TRAN, B., DARQUENNE, J. et HUIGNARD, J., 1993. Changes in responsiveness to factors inducing diapause termination in *Bruchus rufimanus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Insect Physiology*. 1 septembre 1993. Vol. 39, n° 9, pp. 769-774. DOI 10.1016/0022-1910(93)90052-S.

TRAN, B. et HUIGNARD, J., 1992. Interactions between photoperiod and food affect the termination of reproductive diapause in *Bruchus rufimanus* (Boh.), (Coleoptera, Bruchidae). *Journal of Insect Physiology*. août 1992. Vol. 38, n° 8, pp. 633-642. DOI 10.1016/0022-1910(92)90115-T.

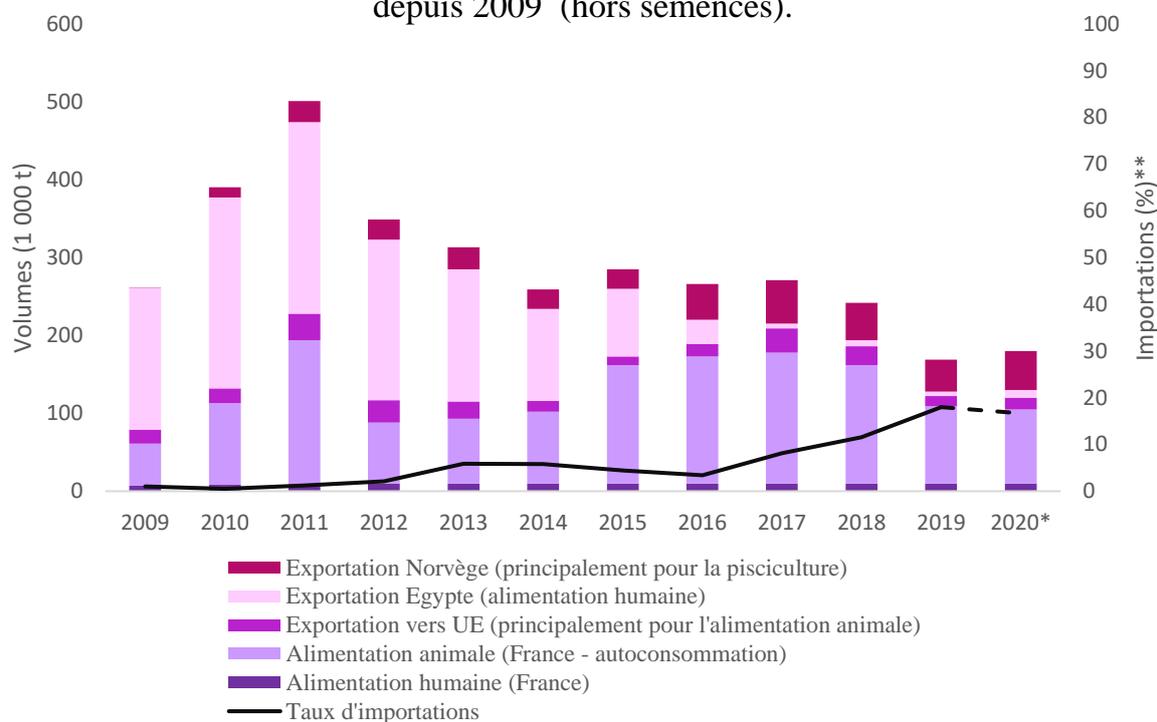
WAGNER, Dominique, BIARNÈS, Véronique et LECOMPTE, Vincent, 2019. *Synthèse nationale sur les pratiques culturales de la féverole d'hiver et de printemps*. 15 octobre 2019.

WARD, Rebecca Louise, 1999. *The monitoring and control of bean seed beetle (*Bruchus rufimanus*) in field and broad beans (*Vicia faba*)*. 1999. University of Newcastle upon Tyne.

WARD, Rebecca Louise, 2018. *The biology and ecology of *Bruchus rufimanus* (bean seed beetle)* [en ligne]

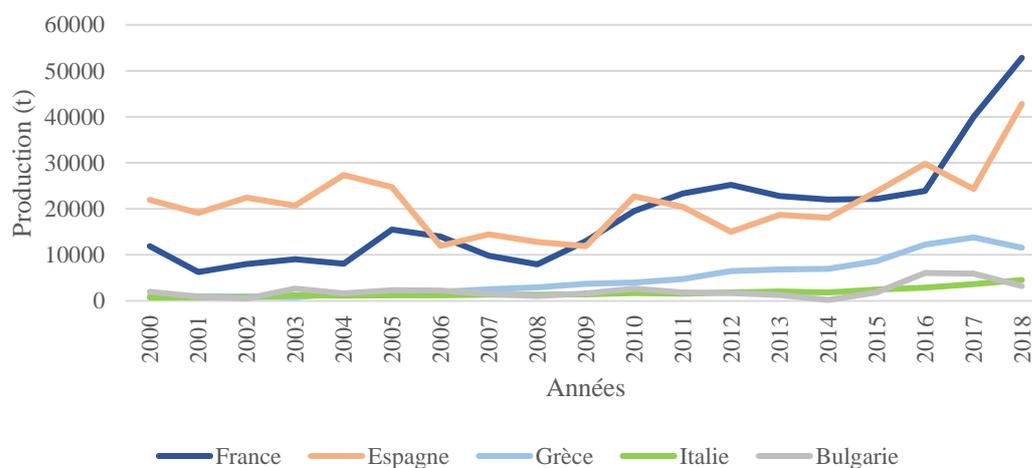
Annexes

Annexe 1 : Evolution des débouchés de la féverole en France depuis 2009 (hors semences).



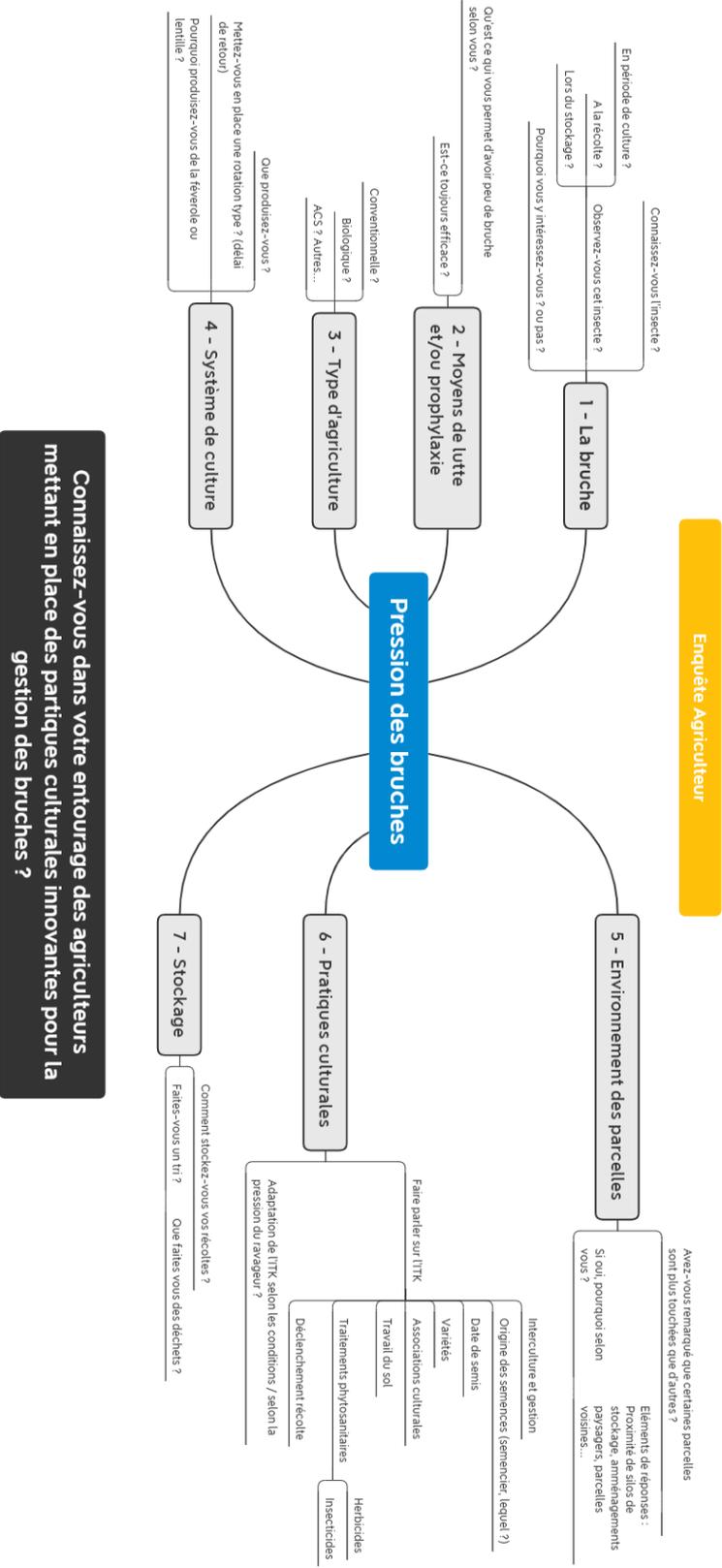
*Données provisoires pour l'année 2020 ; ** Taux d'importations calculé sur le volume totale de graine disponible l'année considérée. (D'après Terres Univia 2018 ; Terres Univia et Terres Inovia, 2020 ; UNIP, 2014).

Annexe 2 : Evolutions des productions de lentille au sein de 5 pays membres de l'Union Européenne (principaux producteurs).



(d'après FAOSTAT, 2020)

Annexe 4 : Mind Map des 7 points clés à aborder avec les agriculteurs lors des entretiens semi-directifs



	<p>Diplôme et Mention : Master Biologie, Agrosciences</p> <p>Parcours : Amélioration, Production et Valorisation du Végétal</p> <p>Option : Fonctionnement et Gestion des Agrosystèmes</p> <p>Responsable d'option : Matthieu CAROF</p>
<p>Auteur(s) : Pierre LANTRIN</p>	<p>Organisme d'accueil : INRAE</p>
<p>Date de naissance* : 01/07/1996</p>	<p>Adresse : 6, La ville Moisan 56120 La Croix-Hélléan,</p>
<p>Nb pages : 26 Annexe(s) : 4</p>	<p>Maître de stage : Marie-Hélène JEUFFROY</p>
<p>Année de soutenance : 2020</p>	
<p>Titre français : Traque aux pratiques innovantes en ferme pour la maîtrise des populations et/ou dégâts de bruches sur féverole et lentille</p>	
<p>Titre anglais : Tracking on-farm innovations for population control and/or bean seed beetle damage on faba beans and lentils</p>	
<p>Résumé : Pour être commercialisables en alimentation humaine, les récoltes de féverole et de lentille doivent être peu touchées par les dégâts causés par les bruches. Par suite de l'évolution de la réglementation qui encadre la protection phytosanitaire des cultures, l'usage des insecticides de synthèse est aujourd'hui insuffisant pour contrôler les populations de bruches. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés aux pratiques innovantes déployées en ferme par des agriculteurs-concepteurs pour résoudre un problème pour lequel peu de solutions techniques existent. Par une méthodologie adaptée, nous nous sommes orientés vers des agriculteurs innovants et performants en matière de lutte contre cet insecte. Au total, 37 agriculteurs ont été contactés lors de cette étude. Par l'intermédiaire d'entretiens semi-directifs, nous avons obtenus des informations sur leur pratique, sur leur raisonnement et sur l'interprétation de leur efficacité. Par la suite, ces pratiques ont été confrontées et analysées. Plusieurs pratiques innovantes, faisant intervenir différents processus biologiques, physiques ou physiologiques, peuvent permettre de contrôler les populations et/ou dégâts de bruche. La préservation des auxiliaires, la mise en place de cultures associées, le choix des variétés, l'application de préparations naturelles peu préoccupantes et la gestion sanitaire des stocks semblent permettre de lutter contre les bruches. De nombreux inconnus sont encore à explorer pour permettre la gestion durable de ce ravageur.</p>	
<p>Abstract : Bean and lentil crops must have little been seed beetle damage to be marketable for human consumption. As a result of changes in the regulations governing the phytosanitary protection of crops, the use of synthetic insecticides is today undesirable and insufficient to control bruchids. In this context and in order to support the design of practices to control these pests, we have studied innovative practices deployed on farms by pioneering farmer-designers to solve this problem. Using an adapted tracking methodology, we have sought innovative and efficient farmers in the control of this insect. A total of 37 farmers were contacted through various channels. Through semi-directive interviews, we obtained, analysed and synthesised information on their practices, their agronomic reasoning and the interpretation of their effectiveness. Several innovative practices, involving different biological, physical or physiological processes, were identified and described as contributing to the control of bruchid populations and/or damage. These practices concern the preservation of beneficials, the establishment of intercropping, the choice of varieties, the application of natural preparations of low concern and the sanitary management of stocks. The identification and analysis of these practices highlights many unknowns that remain to be explored in order to develop sustainable management of this pest.</p>	
<p>Mots-clés : Bruche, Féverole, Lentille, traque aux innovations, agroécologie</p>	
<p>Key Words: Bean seed beetle, faba bean, lentil, tracking innovations, agroecology</p>	

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires