

Maladies virales sur légumineuses à graines en 2020 : état des lieux et facteurs explicatifs

A. Moussart, C. Brier, M.N. Even, B. Bammé, J. Carpezat
Terres Inovia, 11 Rue de Monceau, 75008 Paris

Au printemps 2020, des symptômes de viroses sont apparus très tôt dans de nombreuses parcelles de légumineuses à graines. Compte tenu des dégâts occasionnés et du nombre de parcelles touchées, un observatoire a été réalisé dans différentes régions afin d'une part, de connaître les virus en cause et d'autre part, d'acquérir des connaissances sur l'épidémiologie des maladies virales, deux préalables indispensables à la gestion du risque.



Matériel et Méthodes

- 85 parcelles suivies

Pois (37)

Féverole (16)

Lentille (27)

Pois chiche (5)



→ Prélèvements de plantes
Description des symptômes
Analyses sérologiques (**DAS-ELISA**)

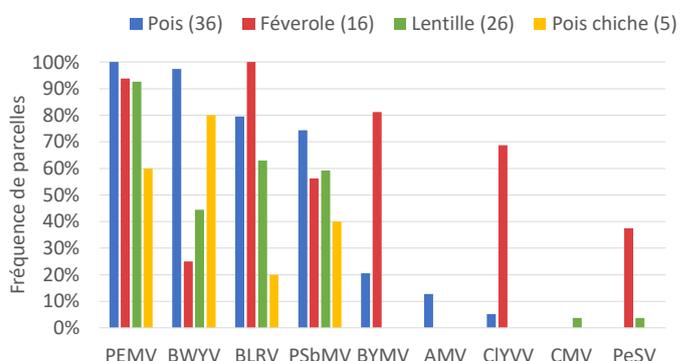
→ Analyse du contexte parcellaire

- Neuf virus recherchés, parmi les plus fréquents sur légumineuses à graines

| Espèce | Genre | Famille |
|-----------------------------|-------|------------------|
| Pea Enation Mosaic Virus | PEMV | Enamovirus |
| Bean Leaf Roll Virus | BLRV | Lutéovirus |
| Beet Western Yellows Virus | BWYV | Polerovirus |
| Pea Seed-borne Mosaic virus | PSbMV | Potyvirus |
| Bean Yellow Mosaic virus | BYMV | |
| Clover Yellow Vein Virus | CYV | |
| Cucumber Mosaic Virus | CMV | Cucumovirus |
| Alfalfa Mosaic Virus | AMV | Alfamovirus |
| Pea Streak Virus | PeSV | Carlavirus |
| | | Betaflexiviridae |

Résultats et discussion

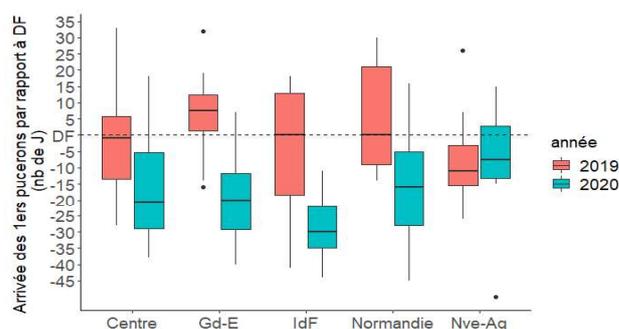
- Les 9 virus recherchés sont présents en France, 7 ont été identifiés sur pois et féverole, 6 sur lentille et 4 sur pois chiche.
- Le nombre moyen de virus détectés par parcelle varie de 2 à 5 selon la culture.
- La fréquence des différents virus ne dépend pas de la zone géographique mais de l'espèce de légumineuse



Les neuf virus détectés peuvent infecter plusieurs espèces de légumineuses et sont tous transmis par les pucerons. Parmi les pucerons vecteurs, on trouve le puceron vert du pois (*Acyrtosyphon pisum*) ou encore le puceron noir de la féverole (*Aphis fabae*). Le PSbMV est également transmis par la semence.

Une épidémie due à une conjonction de facteurs favorables :

- Une très forte pression de pucerons vecteurs dès le début du printemps ;
- Des virus inoculés précocement à des plantes déjà peu développés en raison des semis tardifs ;
- Des cultures fragilisées par d'autres stress, notamment thermiques et hydriques.



Projet AsCoLup : Ascochyte du pois chiche et anthracnose du lupin : mieux les connaître pour mieux les gérer

L'ascochyte (*Ascochyta rabiei*) et l'anthracnose (*Colletotrichum lupini*), deux maladies très fréquentes transmises par la semence, constituent actuellement un frein au développement du pois chiche et du lupin, deux espèces riches en protéines et présentant de nombreux atouts agronomiques et environnementaux.



Symptôme d'ascochyte sur gousse et graine de pois chiche
A.Penant



Symptôme d'anthracnose sur gousse de lupin - A.Penant

Enjeux du projet AsCoLup :

- Garantir une production de semences saines ;
- Connaître l'aire de répartition, la fréquence et la nuisibilité de ces maladies ;
- Savoir diagnostiquer leur présence et le risque associé au champ en lien avec le niveau de résistance des variétés afin de proposer un conseil technique robuste ;
- Apporter aux agriculteurs et à leurs conseillers des solutions permettant une meilleure gestion des maladies.

Travaux en cours :

- Observatoires des maladies : 8 réseaux, 69 parcelles de pois chiche suivies en 2020 ; poursuite en 2021 sur pois chiche et lupin
- Mise en collection et caractérisation de souches d'*Ascochyta rabiei* et de *Colletotrichum lupini* (Fig.1)
- Mise au point et validation d'un test de pouvoir pathogène et d'un test d'évaluation de la résistance : 4 protocoles comparés et en cours de validation (Fig.2)
- Mise au point et validation d'une méthode de détection sur semences ; lien avec les contaminations au champ (plan de validation soumis et accepté par l'ISTA)
- Identification et tests de traitements de semences alternatifs au champ
- Approche de gestion territorialisée (Fig. 3)
- Identification et test de leviers agronomiques



Figure 1 : souches d'*Ascochyta rabiei*
B.Bammé



Figure 2 : dépôt de suspension de spores d'*A.rabiei* sur semences de pois chiche germées
GEVES



Figure 3 : approche territorialisée
FNAMS



AsCoLup : *Ascochyta Colletotrichum Lupin* Pois chiche - Casdar Innovation et Partenariat, 2020-2023
Porteur : Terres Inovia
Contact : Agathe Penant
a.penant@terresinovia.fr

SUR LE RENDEMENT DE LIGNÉES QUASI-ISOGÉNIQUES DE POIS AU CHAMP

Rivière J-P¹, Lavaud C^{1,2}, Vetel P¹, Declerck P³, Bébin T⁴, Furet G⁵, Bourgeot R⁵, Lecat S⁵, Herbommez J-F², Rouillet G⁶, Pilet-Nayel M-L¹

¹ IGEP, INRAE, Institut Agro, Univ Rennes, 35653 Le Rheu, France; ² KWS-Momont, 59246 Mons en Pévèle, France; ³ RAGTn, 28150 Louville-la-Chenard, France; ⁴ Florimond Desprez, 28700 Houville-la-Branche, France; ⁵ Limagrain Europe, 77390 Verneuil-l'Étang, France; ⁶ Unisigma, 60480 Froissy, France

La pourriture racinaire précoce, due à l'agent pathogène tellurique *Aphanomyces euteiches*, est l'une des maladies les plus dommageables sur la culture du pois en France. Aucune variété hautement résistante n'est actuellement disponible, mais des régions génomiques, ou QTL (Quantitative Trait Loci), contrôlant la résistance partielle ont été identifiées¹ et intégrées² dans des lignées de type agronomique. Cette étude a visé à évaluer 24 lignées quasi-isogéniques (NILs) partiellement résistantes, comportant différentes combinaisons de QTL, pour leur potentiel de rendement au champ sur un réseau multi-local de parcelles saines et contaminées pendant trois années.



Photo: INRAE
Jaunissement dû à un foyer d'*A. euteiches* dans une parcelle de pois

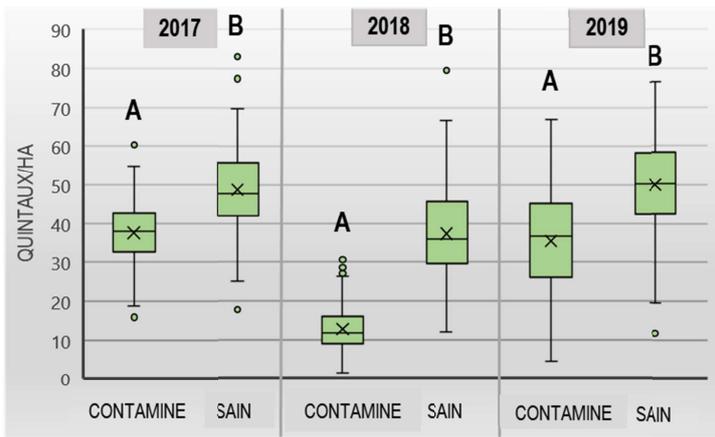


Fig. 1 : Rendements* au champ de 24 NILs, en conditions saines et fortement contaminées par *Aphanomyces*, entre 2017 et 2019. * Moyennes de rendement sur 5 sites d'essais du Groupement des Sélectionneurs de Pois protéagineux: Froissy (60), Mons-en-Pévèle (59), Louville-la-Chenard (28), Houville-la-Branche (28), Chartainvilliers (28)

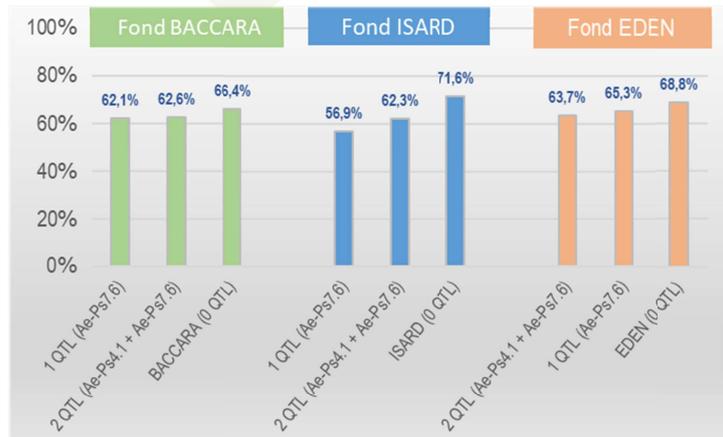


Fig. 2 : Pourcentages moyens de perte de rendement de NILs à 0, 1 ou 2 QTL introgressés dans différents fonds agronomiques, entre sites sains et contaminés, pour l'année 2018.

- Variabilité importante des rendements en sites sains comme en sites contaminés
- Rendements significativement plus bas sur sites contaminés, quelque soit l'année
- Ecart de rendement sain/contaminé plus marqué en 2018 (13 quintaux/ha en site contaminé contre 36 quintaux/ha en site sain) avec une meilleure discrimination des NILs

- Pourcentages de perte de rendement globalement moins élevés pour les lignées portant 1 ou 2 QTL de résistance que pour les lignées à 0 QTL
- Ecarts de perte de rendement plus marqués pour les lignées sur fond Isard, avec notamment une différence de 14,7 % entre la lignée porteuse du QTL majeur Ae-Ps7.6 et la variété à 0 QTL

Ces résultats (i) ont confirmé l'impact de la pourriture racinaire due à *Aphanomyces euteiches* sur le rendement du pois, (ii) ont permis d'identifier des combinaisons de QTL efficaces dans les NILs évaluées pour limiter la nuisibilité de la maladie, et (iii) ont permis d'identifier des géniteurs d'intérêt pour la création de variétés de pois dont le rendement sera moins impacté par la pourriture racinaire précoce.

Enquêtes féverole 2018 en mode conventionnel et en agriculture biologique : quels enseignements sur les pratiques ?

• V. Biarnès¹, C. Le Gall¹, V. Lecomte², D. Wagner¹, B. Remurier⁴, A. Penant³ Q. Lambert²
 Terres Inovia, 1 Campus de Grignon, 2 Site de Baziège, 3 Site d'Ardon, 4 Site de Châlons

• En 2018, Terres Inovia a réalisé deux enquêtes sur la féverole, l'une auprès de 500 producteurs en mode conventionnel, et l'autre auprès de 200 producteurs en Agriculture Biologique, afin de mieux connaître les pratiques culturales des agriculteurs pour ces deux modes de conduite.

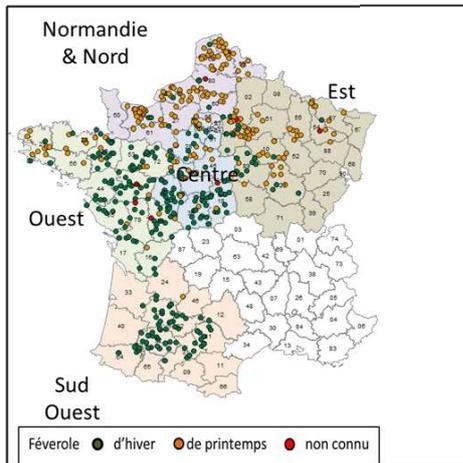


Figure 1 : Répartition dans les différents bassins des producteurs en mode conventionnel ayant répondu à l'enquête

• En matière de protection des cultures, il y a moins de traitements herbicides et insecticides mais plus d'applications de fongicides sur féverole d'hiver que sur féverole de printemps. Cela s'explique car la féverole d'hiver ramifie plus et est moins exposée aux insectes, du fait de sa date de semis en octobre-novembre. En revanche, elle est plus sujette aux maladies (botrytis en particulier). L'ascochytose et surtout la rouille sont citées comme l'une des principales cause d'échec en AB.

| %ha | FÉVEROLE D'HIVER | FÉVEROLE DE PRINTEMPS |
|-----------------------------|------------------|-----------------------|
| Aucun désherbage | 16.3 | 3.4 |
| Présemis seul | 3.6 | 0.8 |
| Présemis-Prélevée | 2.5 | 6 |
| Présemis-Postlevée | 5 | 0.6 |
| Prélevée seule | 28.9 | 43.7 |
| Prélevée-Postlevée | 31.4 | 32.3 |
| Postlevée seule | 8.6 | 6.7 |
| Présemis-Prélevée-Postlevée | 3.8 | 6.4 |

Figure 2 : Stratégies de désherbage selon le type de féverole

• Ces deux enquêtes ont mis en évidence la répartition géographique des deux types de féverole (hiver/printemps), non disponible dans les sources officielles de statistiques. Cette répartition est très liée à l'utilisation : la féverole d'hiver est plutôt présente dans les zones d'élevage de l'Ouest, où elle est fortement intra-consommée sur les exploitations en conventionnel et en AB, et, la féverole de printemps plutôt dans le Nord et l'Est de la France, où elle est collectée pour différentes utilisations. La féverole de printemps est très peu cultivée en AB.

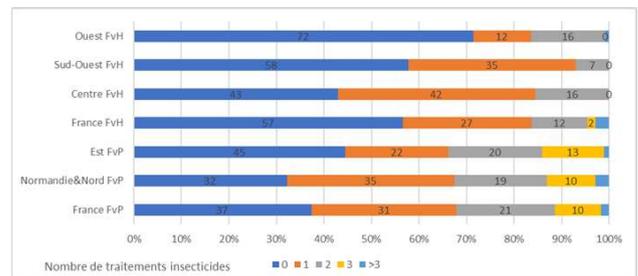


Figure 3 : nombre de traitements insecticides selon le type de féverole

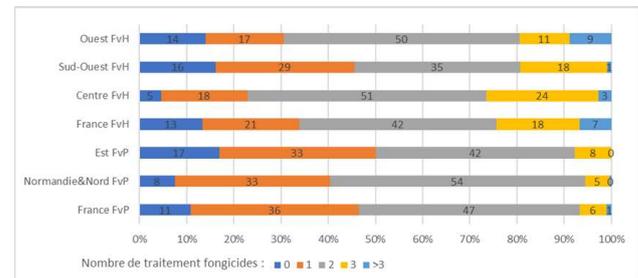


Figure 4 : nombre de traitements fongicides selon le type de féverole

En conventionnel, la féverole est conduite principalement en culture pure alors qu'en AB, elle est généralement associée à des céréales (triticale, blé), pour leur impact positif sur la gestion de l'enherbement, point clé de la réussite de la féverole en bio, d'autant plus que la féverole est peu désherbée mécaniquement et qu'elle est semée au semoir à céréales, limitant sa vigueur au démarrage.



Photo Véronique Biarnès Terres Inovia

IDENTIFICATION DE SOURCES DE RESISTANCE A APHANOMYCES EUTEICHES CHEZ LE POIS

VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

Lesné A.¹, Lavaud G.^{1,2}, Morin G.¹, Glory I.¹, Pilet Nayel M-L.¹

¹ IGEPP, INRAE, Institut Agro, Univ Rennes, 35653, Le Rheu, France;

² KWS Momont Recherche, 59246, Mons-en-Pévèle, France

Dans un contexte d'agriculture plus respectueuse de l'environnement et d'une demande en protéines végétales croissantes, la culture du pois protéagineux présente un intérêt majeur en France. L'une des maladies majeures du pois est due à l'oomycète tellurique *Aphanomyces euteiches* provoquant une pourriture racinaire molle et engendrant des pertes de rendements pouvant être totales. Sans moyen de lutte chimique efficace, la lutte génétique est une voie de recherche privilégiée depuis 25 ans. Cette étude a visé à identifier des sources de résistance à *A. euteiches*, pour la création de variétés de pois résistantes permettant de développer des systèmes de culture riches en légumineuses à faibles niveaux d'intrants.

Matériel végétal

Fleurs: blanche, mauve, rose, orange...



Afila, semi afila, feuillu, rogue, acacia...



Fourrager, protéagineux, potager, mangetout



Pois de printemps, pois d'hiver

Mutant, cultivé, variétés, lignées de sélection, germplasm, population de pays, sauvage, landrace...

P. sativum, *arvense*, *elutius*, *fulvum*, *hibernicum*, *humile*

> 1700 lignées

- de 50 pays origine (Afghanistan, Allemagne, Chine, Egypte, Ethiopie, France, Mexique, USA, Zaïre...)

Accessions issues de:
>1100 INRAE nationale et Rennes
>banque de gènes de Pullman (USA)
<100 programmes de sélection kraft (USA)
≈200 John Innes Center (UK)
≈ 100 CGN Pays Bas
≈ 10 vavilov



Identification d'accessions de *Pisum* déjà décrites pour la résistance à *A. euteiches* ou présentant des données passeport diversifiées, dans les différents CRB nationaux ou étrangers



Pré-criblage de >1700 accessions pour la résistance en conditions contrôlées vis à vis d'une souche française d'*A. euteiches* (RB84, isolée à Riec sur Belon, Finistère; Pathotype I¹) → Sélection d'un set de 71 accessions pour évaluations

Fig1. Description des accessions de *Pisum* pré-criblées pour la recherche de sources de résistance

Evaluation pour la résistance

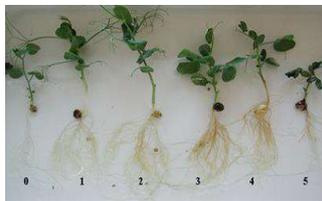


Fig2. Indice de nécrose racinaire évalué en conditions contrôlées ou au champ; Indice de Dépérissement aérien évalué au champ

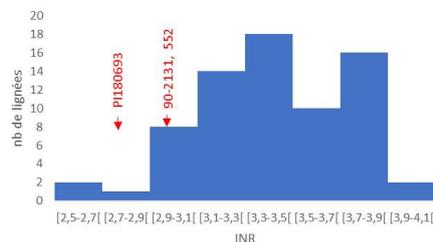


Fig3. Histogramme de fréquence des 71 accessions de pois pour la résistance à *A. euteiches* en conditions contrôlées (souche RB84; 5 plantes*4blocs/accessions).

P180693
552
90-2131

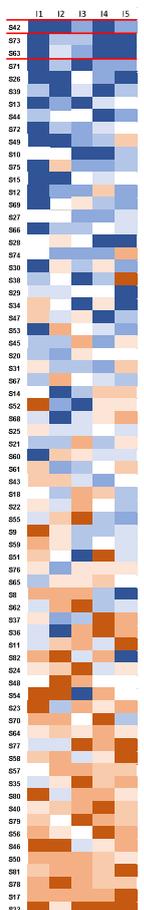


Fig4. Classement des 71 accessions suivant cinq index de moyennes ajustées:

- 11= INR avec 3 souches du pathotype I¹ (RB84, Ae87 et Ae78)
- 12= INR avec 1 souche du pathotype III¹ (Ae109)
- 13= INR à Dijon et Riec-sur-Belon sur 2 années
- 14= IDA à Dijon et Riec-sur-Belon sur 2 années
- 15= IDA à Pullman, WA, USA sur une année

P180693, 552 et 90-2131: témoins partiellement résistants

Perspectives

Quelques accessions sont utilisées actuellement comme parents dans des programmes de croisements visant à augmenter les niveaux de résistance et à les cumuler à des caractères agronomiques indispensables. Les progrès réalisés en génétique et sélection^{2,3} à partir de sources de résistance identifiées ou sélectionnées aux USA, ont permis d'inscrire récemment en France les premières variétés de pois tolérantes à *A. euteiches*.

Optimisation de la gestion des bruches et de la transformation des féveroles et lentilles pour de nouveaux produits agroalimentaires contenant des protéines végétales

E. Samain (Groupe Soufflet), A-S. Voisin (UMR Agroecologie), M. Gabet (UMR Agronomie), A. Arrachid (Groupe Soufflet), L. Bedoussac (UMR AGIR), J-F. Barot (Groupe Soufflet), P. Hallier (Groupe Soufflet), E. Bouzidi (Groupe Soufflet), C. Salles (CSGA), L. Briand (CSGA)

Introduction

La valorisation des productions de lentille (*Lens culinaris*) et de féverole (*Vicia faba*) s'inscrit dans une actualité agricole en plein bouleversement : les légumineuses deviennent des leviers majeurs de la transition agricole et alimentaire qui comprend la diversification des cultures, la fertilisation raisonnée, la réduction de l'utilisation de produits de protection des plantes, une alimentation plus durable. La promotion de ces produits d'intérêt nutritionnel auprès des consommateurs nécessite d'adapter les process industriels à de nouveaux débouchés agro-alimentaires. De nombreux freins sont cependant à lever afin de pérenniser conjointement la production et la filière des légumineuses (Magrini, 2018). De plus, la promotion de ces produits d'intérêt nutritionnel auprès des consommateurs nécessite d'adapter les process industriels à de nouveaux débouchés agro-alimentaires.

Ce projet de recherche en agronomie et agro-alimentaire, conduit en partenariat entre le Groupe Soufflet et l'INRAE est prévu pour une durée de quatre ans (2019-2023). L'axe 1 vise à identifier et tester des méthodes agronomiques de gestion des bruches, ravageurs de ces cultures, pour en pérenniser la production tout en réduisant l'utilisation des pesticides. L'axe 2, en cours de lancement, visera à valoriser ces productions en alimentation humaine, en identifiant et diminuant par de nouveaux process les notes d'amertume peu appréciées.

Axe 1 : Gestion des bruches de la féverole et de la lentille

Objectifs :

- Acquérir des connaissances pour identifier, comprendre et quantifier les effets d'itinéraires techniques, de systèmes de cultures et d'éléments du paysage sur la régulation des populations bruches, ces éléments agissant soit par des effets directs sur les populations de ravageurs soit par des effets indirects en favorisant les populations d'auxiliaires (Figure 2) ;
- Co-concevoir des itinéraires techniques de régulation innovants pour produire des grains non bruchés de lentille et de féverole dans une démarche de durabilité de production et de préservation de l'environnement.

Méthodologie :

- Une traque aux innovations par la prospection de pratiques innovantes de lutte contre la bruche, au champ et/ou au stockage ;
- Des suivis au champ de la gestion des bruches sur 3 territoires différents (Figure 1), sur 3 années culturales successives, pour 1) identifier les espèces de bruches présentes sur les cultures en France et mieux connaître leur biologie (suivant les régions, ainsi que leurs spécificités à l'espèce), 2) identifier leurs ennemis naturels (spécifiques et généralistes), 3) faire le lien entre les populations, les contextes géographiques et les pratiques agricoles.



Figure 1 : Localisation des trois sites de collecte de données



(Segers et al., 2020)

Figure 2 : *Bruchus rufimanus* Boheman, 1893



Résultats attendus et perspectives :

L'axe 1 du projet permettra d'identifier les déterminants de la variabilité de la pression et des dégâts de la bruche sur féverole et lentille et de leurs parasitoïdes. L'importance relative des variations géographiques, des pratiques culturales et du paysage dans la variabilité des populations de bruches, de parasitoïdes des bruches et des dégâts occasionnés sera déterminée. Ces connaissances vont contribuer à déterminer les pratiques alternatives de gestion du ravageur, à améliorer les méthodes de piégeage et à mieux positionner d'éventuels traitements insecticides.

Les espèces de parasitoïdes ayant un impact significatif sur les populations de bruche seront identifiées, tout comme les moyens à mettre en œuvre pour les favoriser.

Enfin, partant de ces constats, des systèmes de cultures innovants seront conçus, en s'appuyant sur des techniques innovantes mises à l'épreuve à partir du repérage de pratiques d'intérêt et sur des ateliers de co-conception. Les solutions innovantes identifiées seront étudiées dans des essais réalisés en parcelles agricoles et/ou en stations expérimentales.



Figure 3 : Photographies de grains de féverole bruchés et d'une culture de féverole

Axe 2 : Valorisation agroalimentaire de la féverole et de la lentille

Objectifs :

- Déterminer la présence et l'origine des molécules volatiles et sapides chez la féverole, impliquées dans les off-flavor ;
- Proposer des stratégies de stockage, process et transformation en vue de diminuer ou de supprimer ces off-flavor.

Méthodologie et résultats attendus :

- Mettre en évidence des off-notes et de l'amertume dans les farines de féverole et expliquer l'amertume par des tests cellulaires
- Identifier des process industriels pour diminuer la perception des off-notes dans les produits alimentaires.