



La bruche de la féverole

Recherche d'une variabilité génétique naturelle pour la tolérance à la bruche chez la féverole.

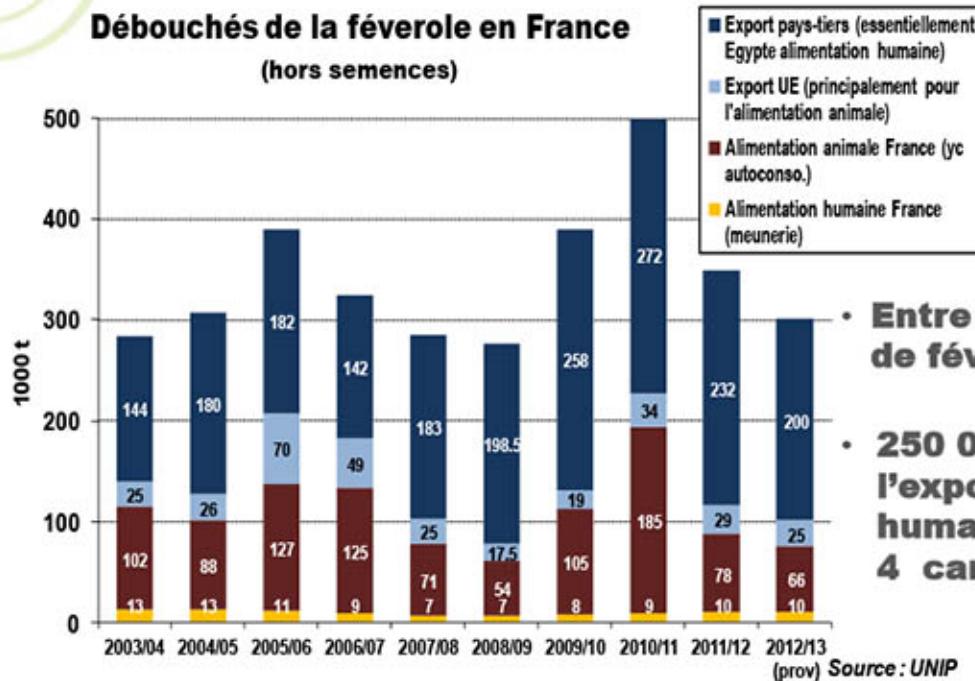
Pascal Marget – UMR Agroécologie- Dijon



Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche

Pourquoi la bruche de la féverole ?

- Une forte plus value sur le marché export alimentation humaine



- Entre 300 000 et 500 000 t de féverole produites par an
- 250 000 t destinées à l'export alimentation humaine (Egypte) depuis 4 campagnes

Des lots de qualité pour l'alimentation humaine

- Des normes de qualité strictes (source UNIP)

Tableau 1 : Principaux critères de qualité pour la commercialisation des éveroles

Tableau 1 : Principaux critères de qualité pour la commercialisation des fèvres		
	Alimentation animale Contrats INFOGRAIN et RUJFRA (addendum VII)	Alimentation humaine, grade 2 (export Égypte) selon contrat*
Humidité	norme 14 % tolérance 15 %, max. 16 %	max. 15 %
Impuretés totales** dont matières inertes	tolérance 2 %, max 4 % max. 7 %	max. 1 %
Grains cassés***, brûlés ⁽¹⁾ et pelliculés	tolérance 5 %, max 10 %	
Grains cassés/ ^{et} « splittés »****		max. 5 %
Grains brûlés (et/ou piqués)		max. 3 %
Couleur et taille des grains		Couleur claire et homogène

* Ces critères peuvent varier selon les contrats et surtout selon les années en fonction du niveau de qualité moyen dans les différents pays exportateurs.

^{**} Imprénatifs: autres espèces, cailloux, graines très endommagées et/ou toc'hées.

^{***} cest = portion de graisse infiltrée à la moitié de la moelle râtelée, caille que soit la cause (Précis).

**** untilled = crevices along parties fissures

¹¹ Comme pour toutes les autres créations, la présence d'insectes vivants est un motif de refus de commercialisation (évidence n° 1).

Sources: UNIP (exclu Syndicat de Paris (seul animal) et exportateurs (alimentation humaine)

Insectes vivants : tolérance « zéro »



ET..

Une réduction des molécules

Insecticides autorisées : ECOPHYTO 2018

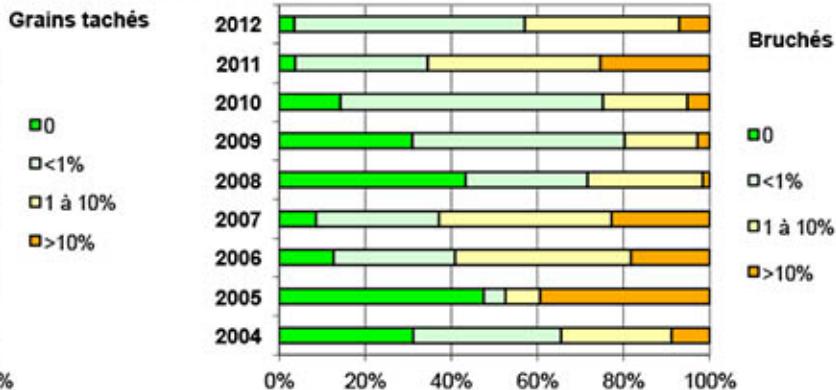
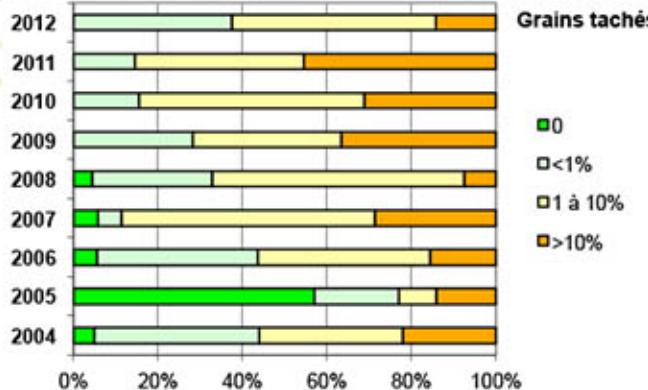
Une efficacité moyenne ou irrégulière des produits homologués. (Source Arvalis)

Des moyens alternatifs pour une lutte intégrée

• OAD Bruchi-LIS® (Progiciel Arvalis)

- Permet d'anticiper les interventions insecticides / modèle d'infestation

Enquêtes « qualité » sur lots de féverole récoltés (source UNIP)



- En 2012, environ 50 % des lots testés restent conformes aux normes d'export mais le pourcentage de lots à « zéro » grain taché et « zéro » grain brûlé diminue.

• Traitements insecticides au stockage

• Diversification (rotations, cultures associées)

• Recherche d'une variabilité génétique pour la résistance à la bruche chez la féverole

La bruche de la féverole

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Famille : Bruchidae

Genre : Bruchus

Espèce : *Bruchus rufimanus* (Boheman)



Source SRPV, 2003

Espèces univoltines : une seule génération par an

! : ne pas confondre avec *Bruchus maculatus*, Espèce multivoltine, tropicale, fléau en Afrique pour le stockage des graines de légumineuses.

La bruche du pois

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

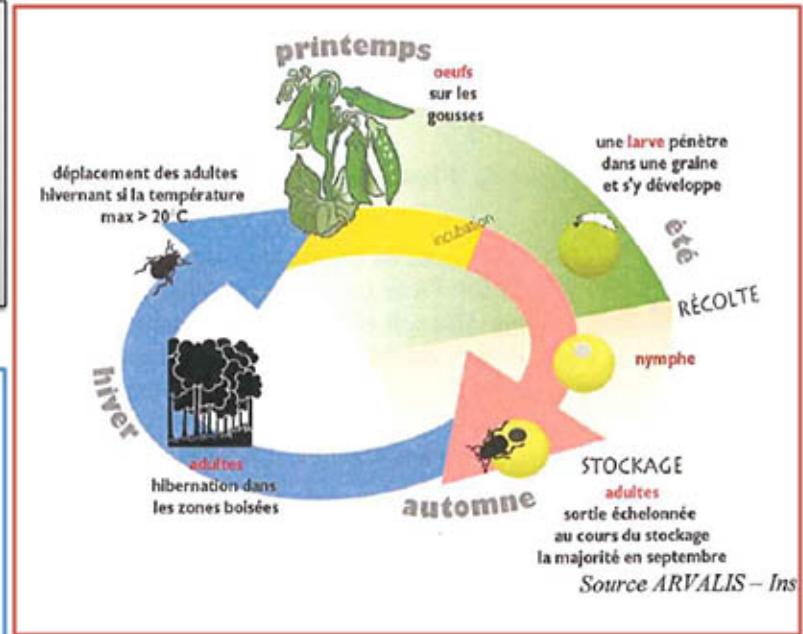
Famille : Bruchidae

Genre : Bruchus

Espèce : *Bruchus pisorum* (Linné)



Source Ducom-LNDS, 2003



Source ARVALIS - Ins

La bruche de la féverole

Spécificités d'hôtes

(Delobel et al, Oecologia, 2006)

Vicia faba uniquement infestée par bruchus rufimanus

Pisum sativum uniquement infesté par bruchus pisorum

Table 7 Host plant relationships between Viciae and Bruchinae

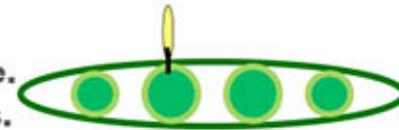
Section	Genus	Species	Samples	Bruchid species
Lath. + Lin.	<i>Lathyrus</i>	<i>pannonicus</i>	8	<i>atomarius</i> (4), <i>viciae</i> (3)
		<i>angustissimus</i>	2	
		<i>digitatus</i>	2	<i>viciae</i> (2)
		<i>sphaericus</i>	6+2	<i>viciae</i> (4), <i>tristiculus</i> (4)
	<i>Lathyrus</i>	<i>avium</i>	3	<i>pisorum</i> (1), <i>tristiculus</i> (1)
		<i>cicera</i>	8	<i>atomarius</i> (1), <i>viciales</i> (3), <i>bistortae</i> (1), <i>tristiculus</i> (2)
		<i>grandifolius</i>	2	<i>signaticornis</i> (1)
		<i>hercules</i>	2+8	<i>frumentaceus</i> (2+4)
		<i>lentiginosus</i>	6+27	<i>agilis</i> (3+13), <i>atomarius</i> (1), <i>tristiculus</i> (1)
		<i>odoratus</i>	1+2	<i>tristiculus</i> (1+2)
		<i>sativus</i>	7	
		<i>sylvestris</i>	2+33	<i>agilis</i> (1+15), <i>tristiculus</i> (1), <i>atomarius</i> (1)
		<i>tuberosus</i>	4	<i>tristiculus</i> (3)
		<i>verrucosus</i>	2+54	<i>agilis</i> (1+12), <i>tristiculus</i> (1)
Orobanchium	<i>Lathyrus</i>	<i>sericeus</i>	2	
Orobus	<i>Lathyrus</i>	<i>strobilifer</i>	2	<i>dentipes</i> (1)
		<i>tinctorius</i>	26	<i>atomarius</i> (5), <i>viciae</i> (4)
		<i>occidentalis</i>	1	<i>dentipes</i> (1)
		<i>venetus</i>	1	<i>rufimanus</i> (1)
		<i>vernus</i>	8	<i>atomarius</i> (6)
Nissolia	<i>Lathyrus</i>	<i>visnaga</i>	1+9	<i>lori</i> (2), <i>frumentaceus</i> (1)
Clymenan	<i>Lathyrus</i>	<i>elymorrhiza</i>	5	<i>bruchialis</i> (1), <i>tristiculus</i> (5)
Pratenses	<i>Lathyrus</i>	<i>pratinus</i>	5+56	<i>lori</i> (5+5), <i>agilis</i> (1), <i>viciae</i> (2)
Aphaca	<i>Lathyrus</i>	<i>aphaca</i>	8+3	<i>tristiculus</i> (3), <i>tristiculus</i> (1)
	<i>Pisum</i>	<i>sativum</i>	7+12	<i>pisorum</i> (6+5), <i>tristiculus</i> (1)
Vicia	<i>Pisum</i>	<i>esculentum</i>	2	
		<i>benghalensis</i>	4	<i>ibericus</i> (2)
		<i>canescens</i>	28	<i>atomarius</i> (3)
		<i>cracca</i>	3+50	<i>ibericus</i> (7), <i>occidentalis</i> (1+10), <i>venenosus</i> (2+2)
		<i>disperma</i>	5	<i>signaticornis</i> (3), <i>ibericus</i> (1)
		<i>dumetorum</i>	7	
		<i>eriocarpa</i>	1	
		<i>erilis</i>	1	
		<i>gracilis</i>	1	
		<i>hirsutissima</i>	9+22	
		<i>incana</i>	1	<i>signaticornis</i> (1)
		<i>monocarpa</i>	2	<i>lorenziana</i> (1), <i>agilis</i> (1)
		<i>onobrychoides</i>	1	<i>rufimanus</i> (1)
		<i>perfoliata</i>	2	<i>gymnocladus</i> (1)
		<i>peregrina</i>	7	<i>entomophaga</i> (1), <i>rufimanus</i> (1)
		<i>pisiformis</i>	13	<i>atomarius</i> (4)
		<i>pseudococcia</i>	1	
		<i>pubescens</i>	2	<i>bruchialis</i> (1),
		<i>sparsiflora</i>	8	<i>atomarius</i> (3)
		<i>semifolia</i>	2+90	<i>bruchialis</i> (1+8), <i>libanensis</i> (44), <i>occidentalis</i> (30), <i>venenosus</i> (31)
		<i>semipinnata</i>	5+10	<i>gymnocladus</i> (3), <i>lorenziana</i> (1)
		<i>villosa</i>	12+23	<i>bruchialis</i> (7), <i>rufimanus</i> (2), <i>agilis</i> (1), <i>venenosus</i> (1)
Vicia	<i>Vicia</i>	<i>bistorta</i>	5	<i>rufimanus</i> (2)
		<i>faba</i>	4+3	<i>rufimanus</i> (1)
		<i>canescens</i>	25	<i>signaticornis</i> (4)
		<i>hybrida</i>	8	<i>rufimanus</i> (6)
		<i>latyrifolia</i>	6+3	<i>rufimanus</i> (6)
		<i>lutea</i>	9	
		<i>melandrum</i>	1	
		<i>orientalis</i>	1+2	<i>rufimanus</i> (1)
		<i>pannonica</i>	1+18	<i>bruchialis</i> (1), <i>rufimanus</i> (13)
		<i>sativa</i>	49+116	<i>bruchialis</i> (1), <i>signaticornis</i> (9+65), <i>agilis</i> (22)
	<i>Lens</i>	<i>esculenta</i>	5+35	<i>atomarius</i> (5+13)
		<i>culinaris</i>	1	<i>leonis</i> (1)
		<i>orientalis</i>	2	
		<i>nigricans</i>	1	<i>signaticornis</i> (1)

Bold figures identify samples collected by the authors, regular ligates refer to Jenny and Szentesi (2003) data

La bruche de la féverole

• Les connaissances acquises :

- Les mâles sont les premiers présents dans la parcelle et sont déjà sexuellement matures, une photopériode importante suffit à lever la diapause sexuelle (*Huignard et al, 1992*).
- Les femelles acquièrent la maturité sexuelle dans la parcelle en consommant du pollen de féverole. Seule la consommation de pollen de féverole lève la diapause reproductive (*Baker, 1983; Huignard et al 1992*). 2 hypothèses : i) la richesse en nutriments du pollen de féverole ou ii) des composés spécifiques perçus comme un signal déclenchant la levée de la diapause (Stanley et al, 1974).
- La ponte intervient après 2 jours consécutifs avec une température $>$ à 20°C et une taille de gousse $>$ à 2 cm.
- La fécondité des femelles serait de l'ordre de 50 œufs, la durée d'incubation est de 10 jours.
- Les adultes sortent de la graine quand $20^{\circ}\text{C} < \text{temp} < 25^{\circ}\text{C}$ sinon diapause hivernale.
- La larve passe directement de l'œuf à la graine.
Insecticides de contacts inefficaces sur larves.
- Un prédateur naturel existe, une petite guêpe, de la famille des braconidae, qui pond dans la larve en développement dans la graine.



La bruche de la féverole

- **Des connaissances à acquérir :**

- **Conditions et lieu d'hivernage : bandes enherbées, zones boisées, sol ?**
- **Facteurs déclenchant l'arrivée des adultes sur la parcelle ?**
 - Composés Organiques Volatiles (VOCs), émis par la culture, perçus par les males ?
 - Phéromones pour les femelles ?
- **Toxicité spécifique de certaines protéines ?**
- **Maitrise de l'élevage à acquérir afin de disposer d'insectes pour tests en conditions contrôlées.**

- **Des dégâts variables :**

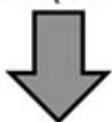
- **Graines trouées**
- **Graines operculées
avec adultes en diapause**
- **Graines tachées**



Recherche d'une variabilité génétique pour la résistance à la bruche chez la féverole

- Expérimentations 2009 et 2010

- 30 génotypes candidats
- 1 témoin adjacent par parcelle élémentaire
- 2 dates de semis (25/02 & 25/03)



4 génotypes candidats retenus + 1 sensible



- Expérimentations 2011

- 5 génotypes testés en parcelles isolées
- Observations quantitatives et qualitatives des dégâts sur le profil reproducteur pour 20 plantes / isolement



2 génotypes candidats retenus

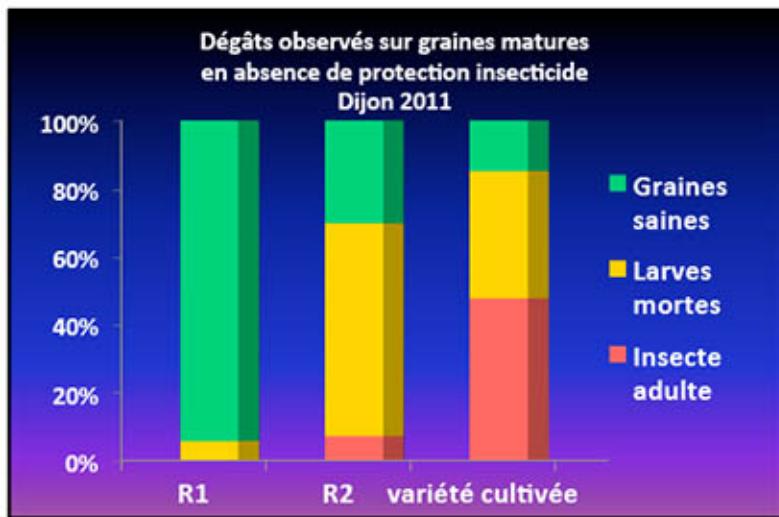


Recherche d'une variabilité génétique pour la résistance à la bruche chez la féverole

- 2 sources de résistances potentielles identifiées

- Pistes de recherche :

- ✓ *R1 : faible niveau de dégâts , attractivité faible de la plante (impact des Composés Organiques Volatiles ?)*
- ✓ *R2 : mortalité importante des larves (toxicité de la graine ?)*



Les 2 géniteurs R1 & R2 ont été mis à disposition des membres du GSP Féverole

Gènes impliqués et validation fonctionnelle

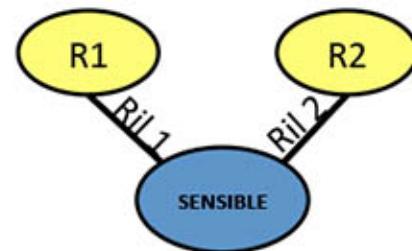
- Perspectives (1) :

- Identifier des gènes ou régions génomiques impliqués dans la tolérance à la bruche chez la féverole et exploiter la conservation de synténie avec le pois pour identifier des homologues chez le pois.

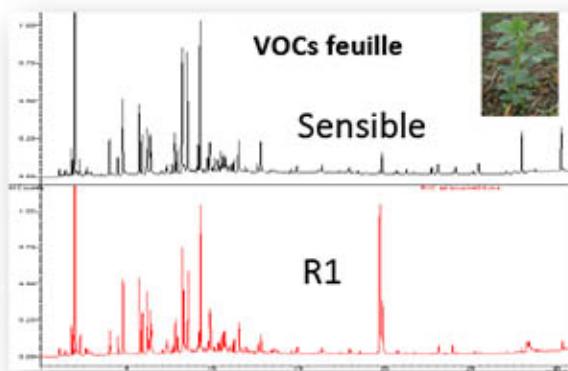
- Créer et phénotyper des populations de cartographie pour la tolérance à la bruche.



- Radiographie les graines F8 de chaque Ril produites sans insecticide (SNES-GEVES Angers)



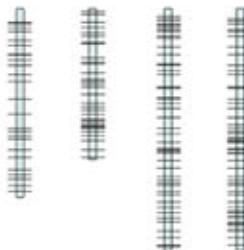
- Identification de VOCs émis différenciellement suivant le stade et/ou le génotype. (PISC Inra Versailles)



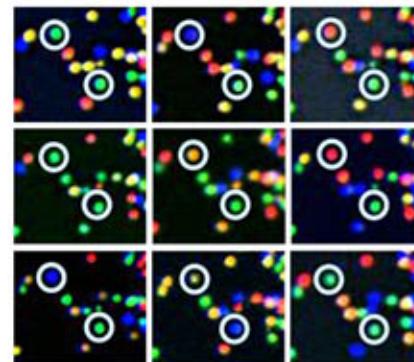
Gènes impliqués et validation fonctionnelle

- Perspectives (2) :

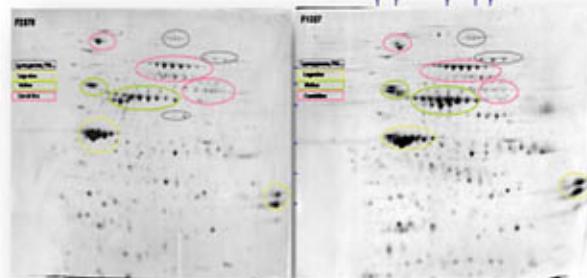
- Identifier et cartographier les QTL impliqués dans la tolérance.



- Identifier quels gènes sont différentiellement exprimés dans différents tissus de féverole sensible ou résistante (fleurs, graines, gousses, feuilles,...) par séquençage du transcriptome – RNAseq.



- Identifier des protéines potentiellement toxiques. Analyse protéomique.



La bruche de la féverole

- **Participation technique :**

- Damien Ollivier et UE Domaine d'Epoisses

- **Collaborations :**

- Convention cadre UNIP-INRA (détachement B. Raffiot)
- GSP
- Projet RAVIRA , Bilatéral Arvalis-Inra
- Projet PeaMust



Institut National de la Recherche Agronomique

