



LIÈGE université

Gembloux Agro-Bio Tech

Entomologie fonctionnelle et évolutive

La bruche en féverole

Présentation des résultats de recherche
(FEVERPRO – WP1) et avancées dans les
connaissances

ARNAUD SEGERS (Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège)

REUNION SUR LES PROTEAGINEUX, organisée par le CePiCOP

GEMBOUX, LE 31 JANVIER 2022



Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

Projet FEVERPRO

« *Promouvoir la culture de la féverole comme source **alternative des protéines végétales** pour la formulation des aliments et comme **source des produits bio-basés** à finalité non alimentaire, à travers le développement des méthodes de **lutte biologique** contre le principal insecte impliqué dans la dégradation de la qualité de ses graines et le développement **des procédés de fractionnement et de fonctionnalisation de ses graines** »*



Pourquoi promouvoir la culture de la féverole (*Vicia faba* L. – Fabaceae)?



Source: Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz,
Thomé, 1885

Fixation naturelle d'azote



Ressources florales



Diminution des émissions de gaz à effets de serre



Graines riches en amidon et protéines



=> Surface d'intérêt écologique à taux de conversion de 1 (janvier 2018)

Pourquoi promouvoir la culture de la féverole (*Vicia faba* L. – Fabaceae)?



Source: Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz, Thomé, 1885

Mais...

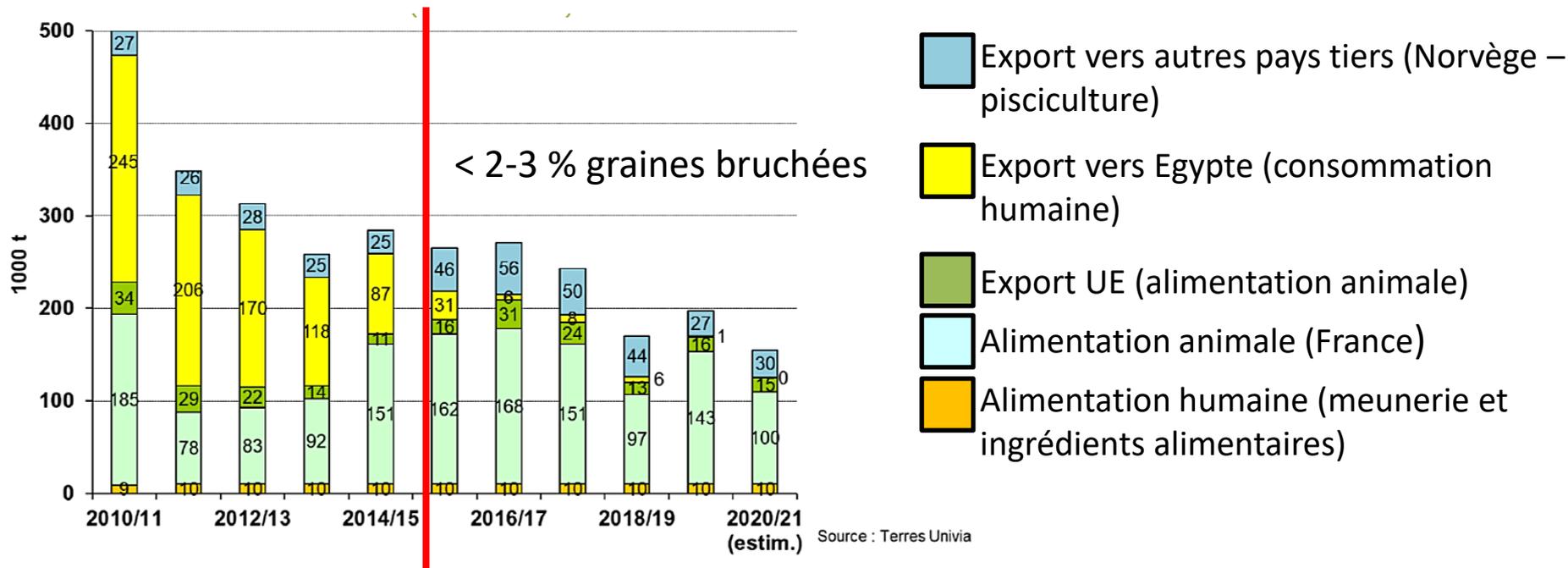
**Forte sensibilité aux aléas
climatiques et biotiques**



© Terres Inovia

Faible impact sur le rendement mais fort impact sur la qualité (esthétique) des graines et leurs débouchés

Impact sur les débouchés (France) :



La bruche de la fève: *Bruchus rufimanus* Boheman, 1833

- Ravageur le plus important du genre *Vicia*
- **Espèce univoltine**: une génération par année pendant périodes de cultures => **Diapause reproductrice/larvaire en hiver**
- **Espèce oligophage**
 - Adultes : nectariphages et polliniphages
 - Larves : séminivores (11 plantes hôtes)



Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

Cycle de développement

Alimentation pollen-nectar
=> Maturation sexuelle



$T^{\circ} > 20^{\circ}\text{C}$

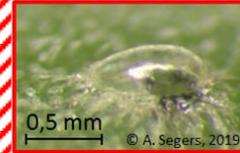
Reproduction
dans les fleurs



Ponte sur jeunes gousses



Eclosion
(infestation des
graines)



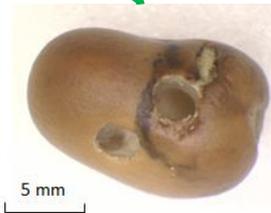
Développement
larvaire/nymphal
dans les graines
en formation



© A. Segers



Emergence des adultes
pré-/post-récoltes

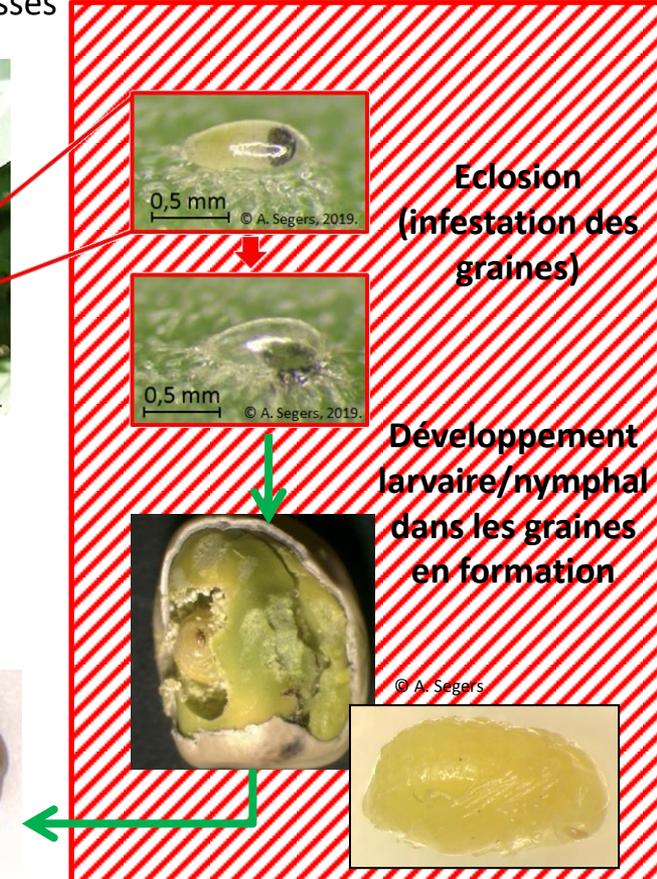
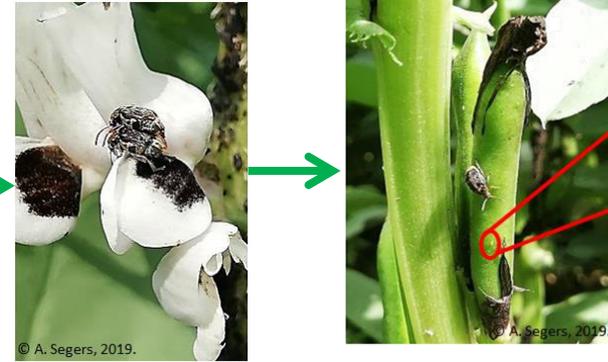
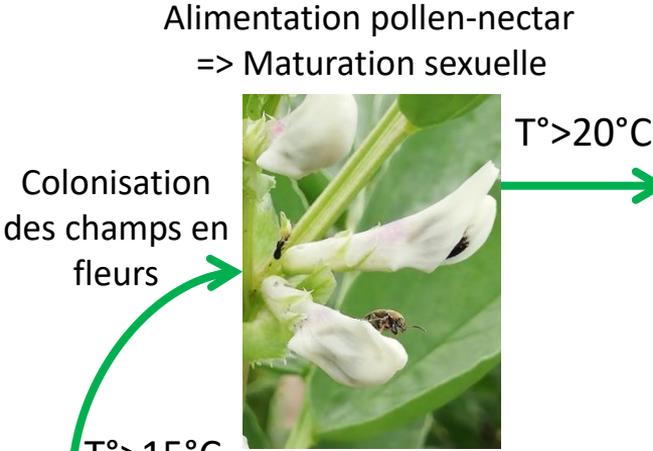
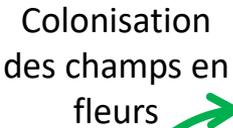


Hivernation des adultes en
diapause reproductrice



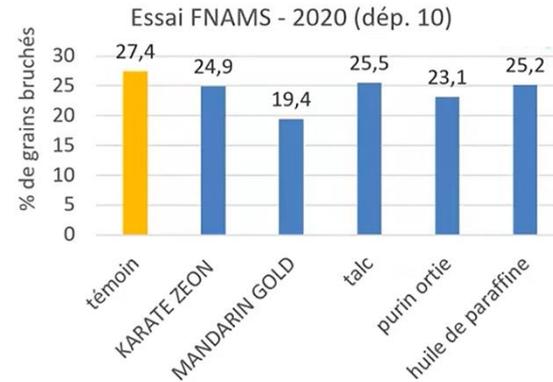
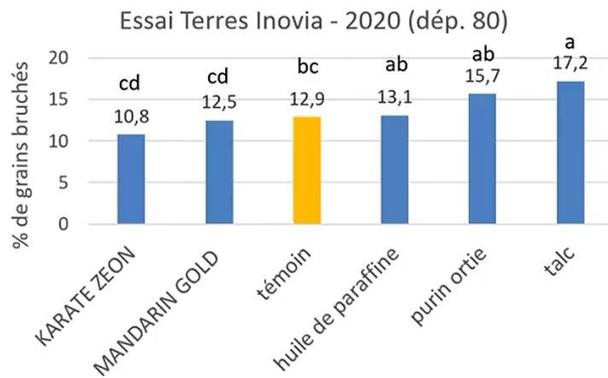
$T^{\circ} > 15^{\circ}\text{C}$

Colonisation
des champs en
fleurs



Lutte contre la bruche de la fève (en culture)

- **Lutte chimique:** Traitement PPP (λ -cyhalothrine / zéta-cyperméthrine) contre les adultes au **stade sensible** de la culture (climat + phénologie)
 - ⇒ **Stade JG2 + deux jours consécutifs >20°C**
 - ⇒ **Couvrir toute la période de floraison (alimentation et ponte des adultes)**
- **Problème** = Efficacité limitée + restrictions législatives
- **Absence d'alternatives efficaces !!**



Source: Gwenola Riquet – RFL 3

Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

FEVERPRO WP1
Lutte biologique contre la bruche de la fève

Lutte sémiochimique

- Attractants kairomonaux
 - Attractants type floral
 - Attractants type gousse
- Répulsifs
 - Phéromone de ponte?
 - Huiles essentielles?

+

Agents de contrôle biologique

- Microbiens
 - Champignons
 - Bactéries
- Parasitoïdes
 - Oophages
 - Larvaphages

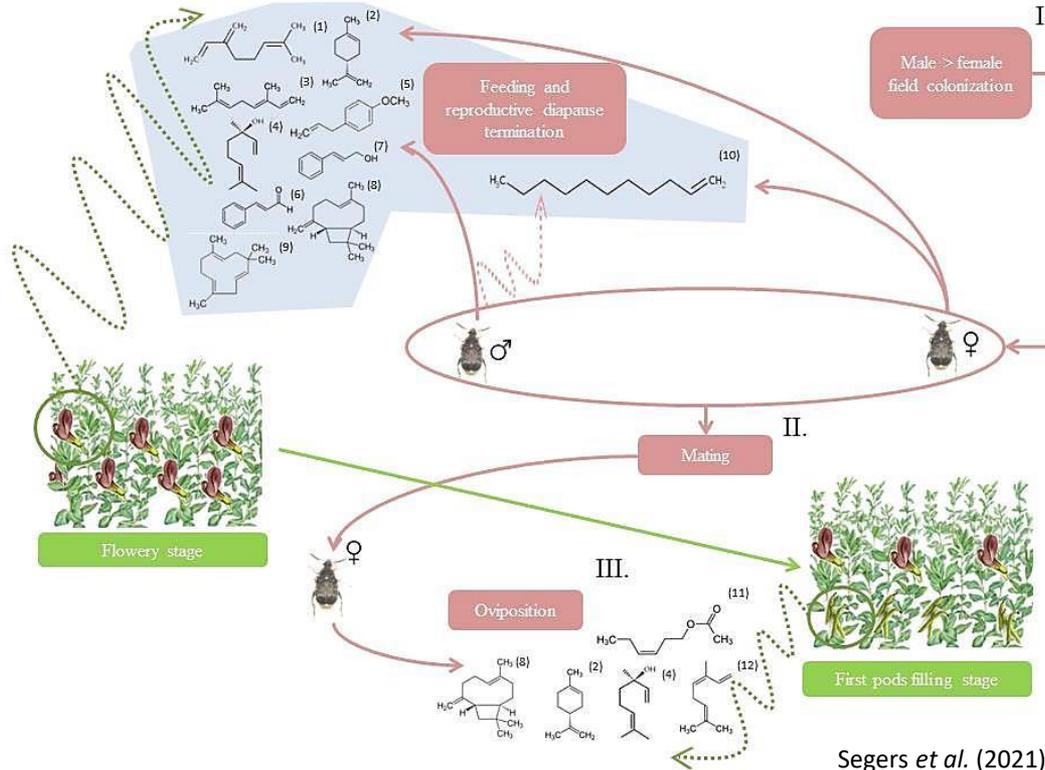
+

Lutte variétale

- Antibiose
 - Facteurs antinutritionnels
 - Antixénose
 - Barrière olfactive
 - Barrière physique
- + Dates de semis



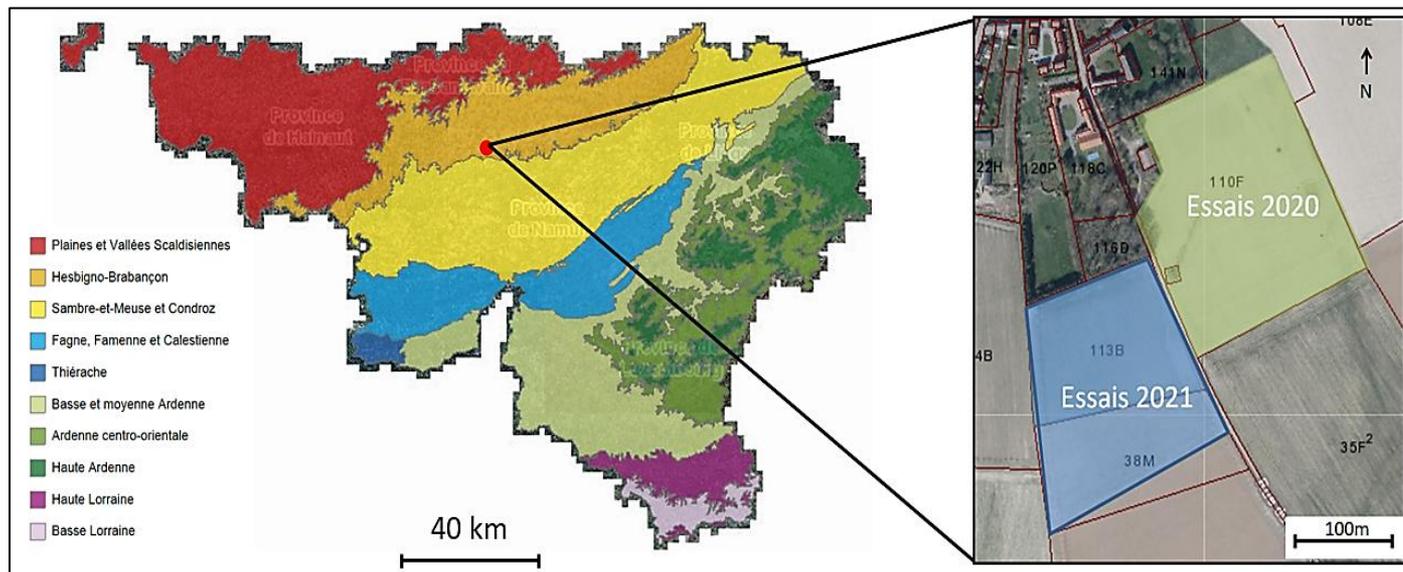
• Lutte sémiochimique : Ecologie chimique de *B. rufimanus*



- Méthodes de lutte basées sur les sémiochimiques
 - ⇒ Reproduire l'odeur des plantes (fleurs – gousse) pour attirer les insectes
 - ⇒ Empêcher la ponte sur les jeunes gousses
 - Trois types d'attractants et deux types de pièges disponibles pour la capture de la bruche:
 - Kairomones florales (IPS)
 - Kairomones florales (AgriOdor)
 - Kairomones gousse (AgriOdor)
 - Pièges verts de type *funnel trap with barrier cross*
 - Pièges blancs à cylindre transparent (prototype AgriOdor)
- ⇒ Evaluation de **l'efficacité des pièges sémiochimiques** et potentiel dans une **stratégie de biocontrôle**?
- ⇒ **Effet collatéraux** sur les auxiliaires de cultures?



- Comparaison de pièges sémiochimiques:
 - ✓ Deux années d'études (2020 – 2021), suivi de trois cultures (FP 2020 ; FH 2021 ; FP 2021);
 - ✓ Conditions d'**hyperinfestations** pour la mise en place des essais;
 - ✓ Plateforme des essais CePiCOP :



Localisation : Lieu dit des Isnes
Coordonnées géographiques:
 50°50' N ; 4°73' E
Altitude: 173.38m

Projet
FEVERPRO

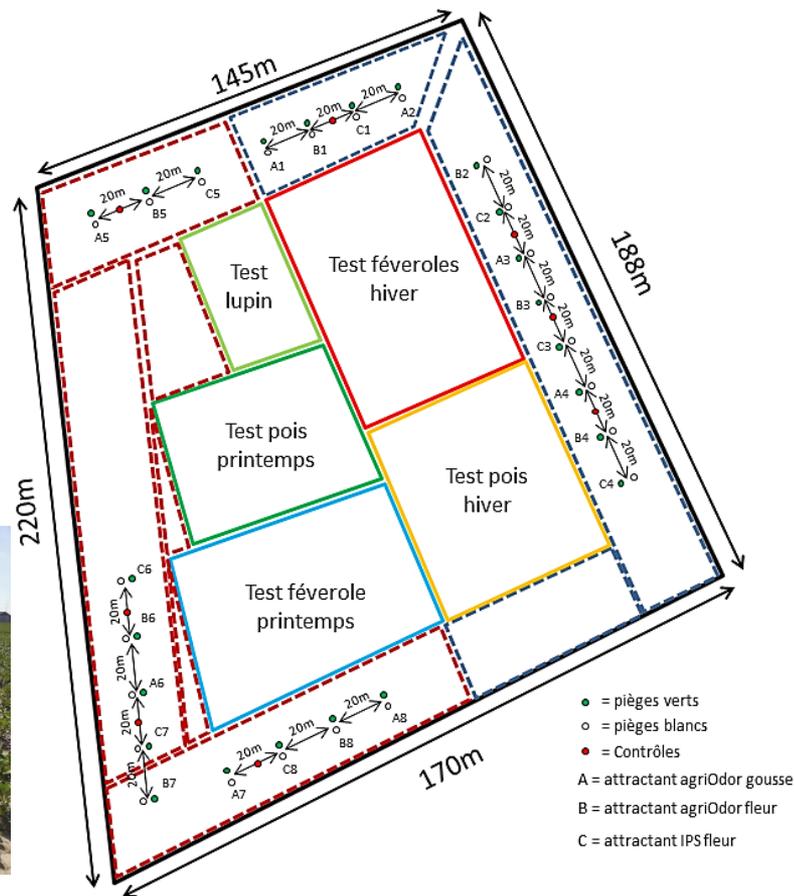
Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

- Dispositif expérimental (saison 2021)
 - ✓ Deux dispositifs adjacents : féveroles d'hiver et féverole de printemps
 - ✓ (2 types de pièges) X (3 types d'attractants) , 4 répétitions;
 - ✓ Deux contrôles
 - Piégeage manuel (PM) => Contrôle
 - Plaque collante (Solabiol®) => Contrôle
 - ✓ **Suivi phénologique** des féveroles + conditions météorologiques





✓ Résultats (saison 2021)

- **Captures totales:**

- ✓ 1 411 bruches capturées
- ✓ Plaques collantes (Solabiol[®]) => Inefficaces

- **Phénologie:**

	<u>Féverole hiver</u>	<u>Féverole printemps</u>
Boutons floraux	29/04/2021	03/06/2021
Emergence fleurs	06/05/2021	06/06/2021
Pic floraison	05/06/2021	21/06/2021
Fin floraison	15/06/2021	16/07/2021
Durée floraison	5 semaines	5 semaines

- **Répartition des captures:**

	<u>Féverole hiver</u>			<u>Féverole printemps</u>			
	<u>IPS</u>	<u>AGDF</u>	<u>AGDG</u>	<u>IPS</u>	<u>AGDF</u>	<u>AGDG</u>	
PB	82,15%	79,72%	72,31%	74,78%	57,29%	74,07%	76,90%
PV	17,85%	20,28%	27,69%	25,22%	42,71%	25,93%	23,10%
	61,27%	24,22%	14,51%	44,66%	18,64%	36,70%	

Projet
FEVERPRO

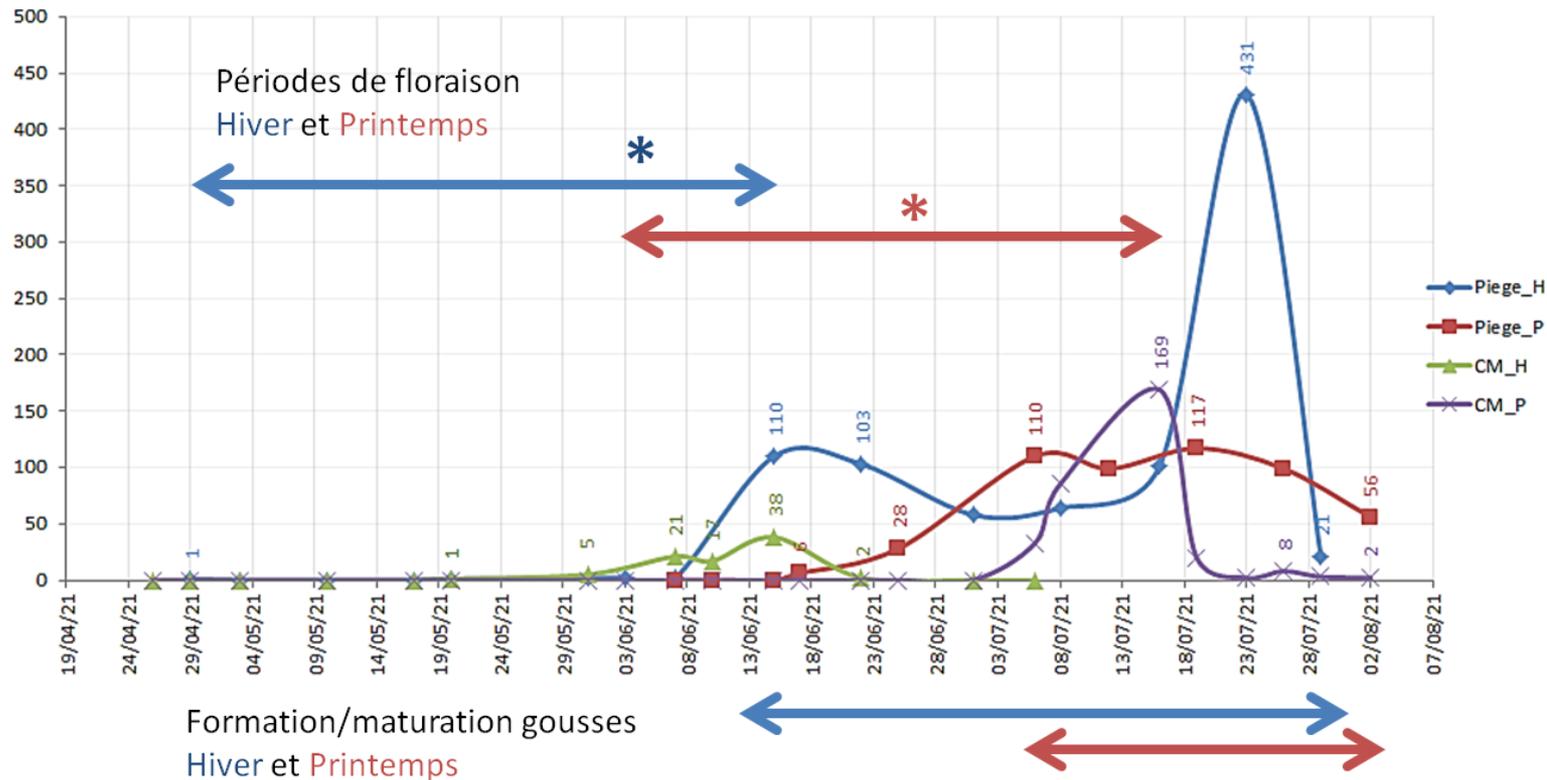
Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

Evolution des captures totales en féverole de printemps et d'hiver



Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

✓ Premières conclusions

- **Trois saisons de suivi sur deux années (FP 2020 ; FH 2021 ; FP 2021)**
- **Captures totales**
 - Pièges : PV <<< PB
 - Attractants :
 - **En féverole d'hiver:** IPS>AGDF>AGDG
 - **En féverole de printemps:** IPS > AGDG > AGDF
 - ⇒ Maturation sexuelle des populations et/ou évolution du sexe ratio ???
 - ⇒ Sexe ratio des captures
- **Phénologie VS captures:**
 - Les captures manuelles ↗↗ lorsque floraison ↘↘
 - ⇒ Concentration des insectes sur ressources alimentaires restantes
 - Les captures par piège ↗↗ lorsque floraison ↘↘
 - ⇒ Modification du paysage olfactif qui augmente l'attractivité des leurres

✓ Perspectives

- Confrontation des données météo;
- Tests statistiques;
- Caractérisation de l'entomofaune (sexage des bruches et effets sur auxiliaires)

• **Macro-organismes: Ennemis naturels et parasitoïdes des bruches en Wallonie?**

=> **Prédateurs:** *Zelus renardii* Kolenati, 1856 (Heteroptera : Reduviidae)



=> **Parasitoïdes:** Deux types de parasitoïdes identifiés dans la littérature

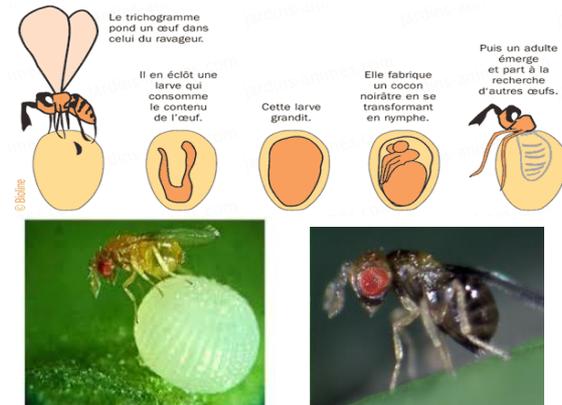
Parasitoïdes larvaphages

Triaspis thoracica (Curtis, 1860)
(Braconidae)



Parasitoïdes oophages

Uscana spp. (Trichogrammatidae)



- **Macro-organismes: Ennemis naturels et parasitoïdes des bruches en Wallonie?**

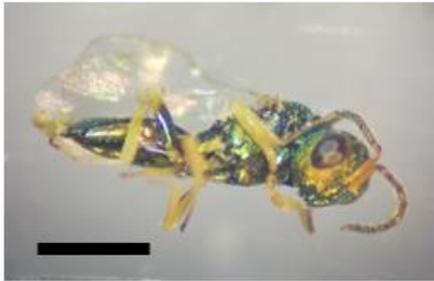
⇒ Monitoring de présence de parasitoïdes de *B. rufimanus* sur trois années

⇒ **En culture (piège à aspiration)**

⇒ **En lieu de stockage (piège d'émergence)**

⇒ **Résultats:**

- Aucun parasitoïde oophage encore détecté
- Plusieurs morphotypes de parasitoïdes larvaphages capturés
 - Le plus abondant : *Triaspis thoracica* (Curtis, 1860)



=> Identification et stratégie de conservation

Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

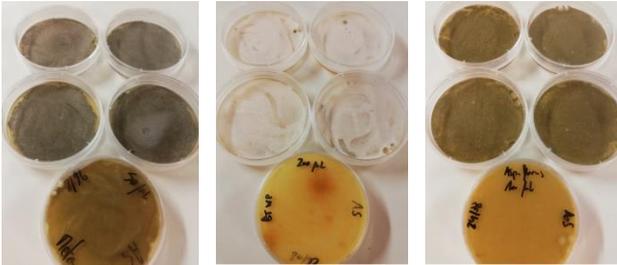
Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

- Micro-organismes: Champignons entomopathogènes

- ⇒ Screening de **trois souches** en laboratoire sur deux espèces de bruches
- ⇒ Stratégie de **lutte biologique par « inondation »** : pulvérisation de suspensions de conidies



- *Aspergillus flavus* (souche MUCL 55276)
- *Beauveria bassiana* (souche GHA)
- *Metarhizium acridum* (souche MI330189)

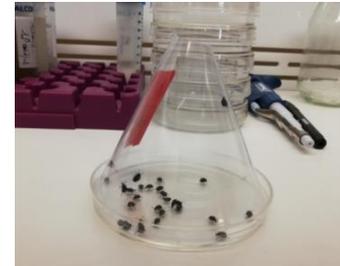
Callosobruchus maculatus



B. rufimanus



Tour de Potter &
Vaporisation manuelle



Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

- **Micro-organismes: Champignons entomopathogènes**

- ✓ Conclusions

- **Pathogénicité faible mais significative** des trois souches testées par vaporisation (TL50 > 6 jours)
 - *B. bassiana* > *A. flavus* > *M. acridum* pour *C. maculatus*
 - *B. bassiana* > *M. acridum* > *A. flavus* pour *B. rufimanus*

=> **Evaluer d'autres souches entomopathogènes**
- **Inhibition de ponte** sur *C. maculatus* à démontrer sur *B. rufimanus*
- Application par **vaporisation instantanée** ne permet pas une exposition suffisante
 - Pulvérisation sur plante => non envisageable
 - Conidies sèches?
 - Association Kairomones? => Stratégie d' « infect and kill » (autodissémination)

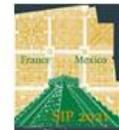
Susceptibility of *Bruchus rufimanus* Boheman 1833 (Coleoptera: Chrysomelidae) to three entomopathogenic fungi: Limits of conidial suspension sprayings and pledging alternatives in integrated pest management strategy

*Arnaud Segers*¹, *Rudy Caparros Megido*¹, *Caroline De Clerck*², and *Frederic Francis*¹

¹Functional and Evolutionary Entomology - Gembloux Agro-Bio Tech (University of Liege), Gembloux, Belgique, Belgium

²Agriculture Is Life - Gembloux Agro-Bio Tech (University of Liege), Gembloux, Belgique, Belgium

Address for correspondence: entomologie.gembloux@uliege.be



Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

- **Etudes récentes:** taux d'infestation et rendements variant selon les cultivars de féveroles.
⇒ Effet variétal sur
 - Résistance aux bruches;
 - Rendements protéiques.
- **Etude transversale au projet FEVERPRO:** Confronter les **dommages des bruches** avec les analyses de compositions **chimiques des graines** et les **caractéristiques agronomiques** pour identifier les variétés les plus intéressantes pour l'industrie agroalimentaire ;



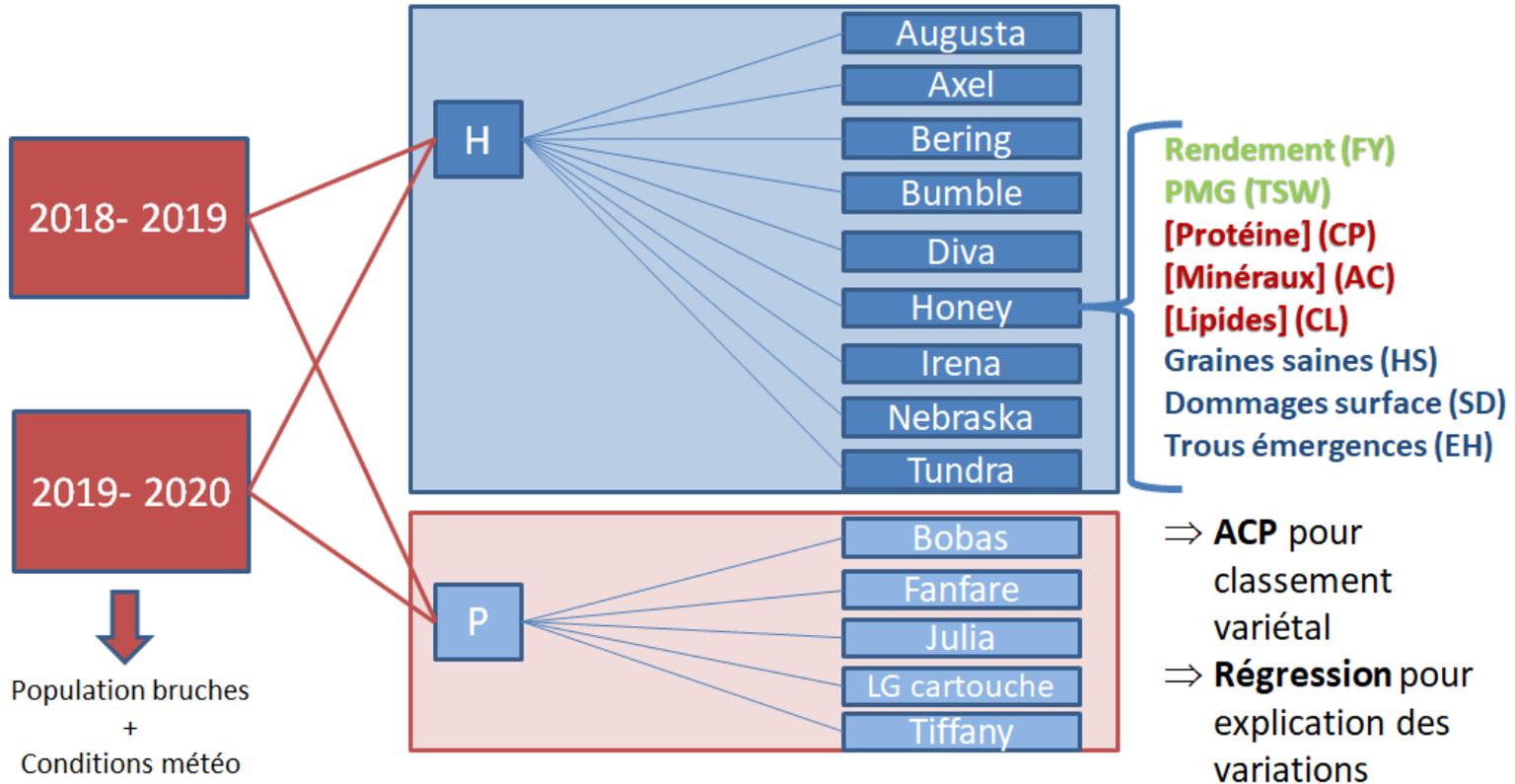
- 14 variétés testées durant les étés 2018-2019 et 2019-2020 aux Isnes
- 9 variétés d'hiver et 5 variétés de printemps
- Analyse des **compositions des graines** (protéines, minéraux, lipides)
- Analyse de **facteurs agronomiques** (rendement, PMG)
- Analyse des **dégâts de bruches** (classement par type de dégâts)



+ Suivi **pression de ravageur et climat**



- Design expérimental et analyses statistiques



Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

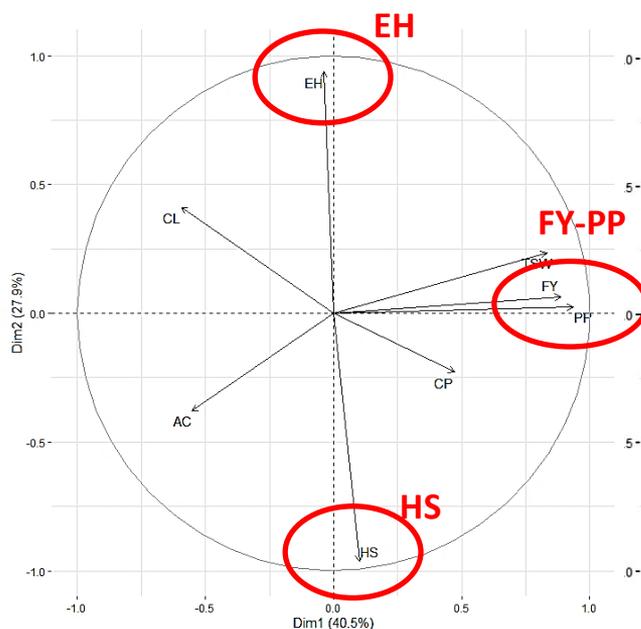
Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

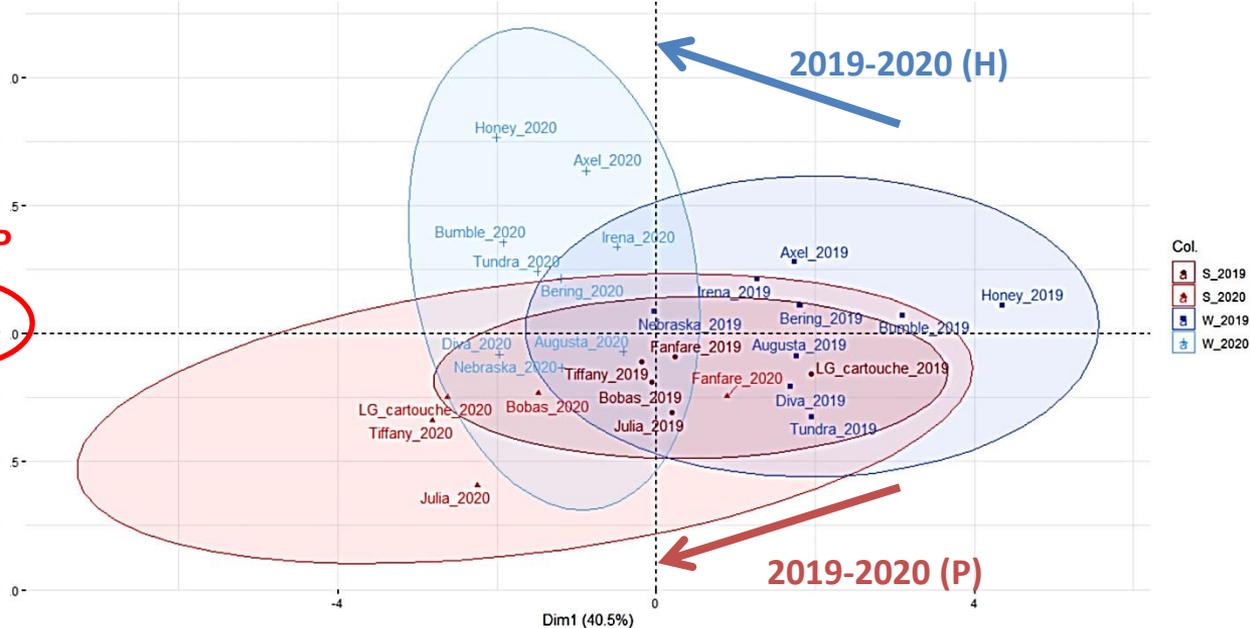
- Résultats

- Fortes variations des taux d'infestation et des rendements protéiques
- Deux années extrêmes en terme de sécheresse : forte influence du climat



Dim 1. : 40,5%

Dim 2. : 27,9%



- Perte en productivité marquée en 2020 (H &P)
- Variétés d'hiver globalement plus infestées que les variétés de printemps

Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

• Résultats

- Fortes variations des taux d'infestation et des rendements protéiques
- Deux années extrêmes en terme de sécheresse : forte influence du climat
- Quels facteurs responsables de ces variations (climat/variété)?

		FY		CP		PP		HS		SD		EH	
	p-value	Contribution (%)	p-value	Contribution (%)	p-value	Contribution (%)	p-value	Contribution (%)	p-value	Contribution (%)	p-value	Contribution (%)	
Year	<0.001	84.61	<0.001	36.35	<0.001	88.50	<0.001	14.92	NS	NS	0.002	8.54	
Variety	0.005	7.86	<0.001	47.24	0.006	5.77	<0.001	44.86	NS	NS	<0.001	55.58	
Winter	n	18		54		54		72		72		72	
	Error (%)	7.54		16.42		5.73		40.22		NS		35.89	
	Adjusted R²	0.9004		0.7831		0.9243		0.5073		NS		0.5604	
	Year	0.005	35.00	<0.001	15.17	0.003	37.68	0.012	20.65	NS	NS	0.013	20.68
	Variety	NS	NS	0.009	64.57	NS	NS	0.022	31.20	NS	NS	0.022	31.21
Spring	n	10		30		30		40		40		40	
	Error (%)	65.00		20.26		62.32		48.14		NS		48.20	
	Adjusted R²	0.3158		0.7299		0.3440		0.4091		NS		0.4085	

⇒ Les rendements et productions de protéines : climat

⇒ Les teneurs en protéines et taux d'infestation : variétés

Projet
FEVERPRO

Lutte
sémiochimique

Agents de
biocontrôle

Lutte variétale

Autre données
biologiques

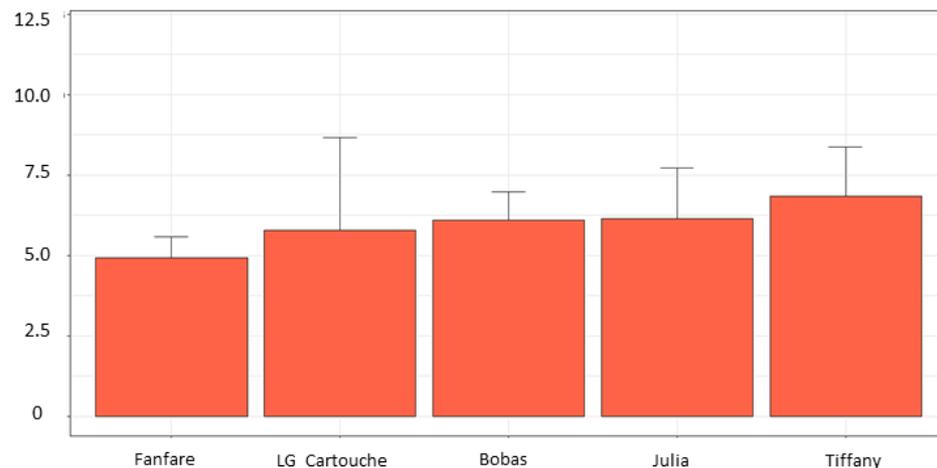
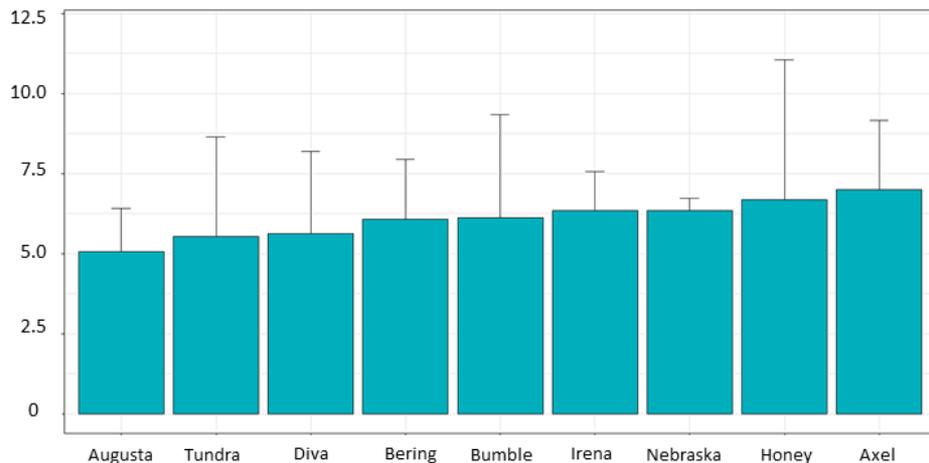
- Résultats

- Quelles sont les **variétés les plus intéressantes** en considérant:

- **Production protéique:** Axel (1179 kg/ha) > Irena (1151 kg/ha) > Fanfare (1093,3 kg/ha);

- **Taux d'infestations:** Julia (77,5%) > Bobas (72,0%) > Diva (70%);

- **Production protéique + taux d'infestation:** Fanfare > Augusta > Tundra



⇒ Publication d'une étude scientifique dans le journal *Agriculture Ecosystems and Environment*



- En parallèle aux méthodes de lutte, les **collectes d'informations biologiques et agro-écologiques** sont indispensables pour cibler et mettre en application les stratégies de biocontrôle des bruches:
 - **Premiers élevages de *B. rufimanus***;
 - Caractérisation des **dynamiques de vol** en Wallonie;
 - Caractérisation des **impacts des bruches** dans les différentes régions bioclimatiques de Wallonie (collaboration Biowallonie)

- **Impasses techniques pour la promotion de la culture de la féverole**

- Recherche de solutions biologiques pour lutter contre la bruche

- 1/ **Sémiochimiques:**

- Pièges disponibles à base de kairomones pour la capture de la bruche mais confrontés à la forte odeur des cultures ;
 - Recherche d'autres messages chimiques (ODP).

- 2/ **Agents de contrôle biologiques:**

- **Macro-organismes:** seuls les parasitoïdes larvaphages ont été détectés en Wallonie ;
=> Stratégie de conservation
 - **Micro-organismes:** champignons entomopathogènes difficiles à mettre en application dans une lutte « inondative » par pulvérisation. Nécessité d'évaluer d'autres souches et d'autres modes d'application associés aux kairomones (« attract and infect »);

- 3/ **Lutte variétale :**

- Variétés les plus intéressantes à cultiver en Wallonie sont identifiées sur deux années d'études et les outils d'analyse multivariée sont mis en place.
 - Essais de terrain à répéter pour confirmer les conclusions sur du plus long terme



Merci de votre attention

Contact: arnaud.segers@uliege.be