



Carrefours de l'innovation
agronomique



Des Cultures Intermédiaires Multi-Services pour une production agroécologique performante

4 octobre 2017 | INP-ENSAT Auzeville | Toulouse

Services et dis-services de régulation biotique par allélopathie et biofumigation produits par les cultures intermédiaires multiservices de crucifères

Couëdel Antoine, Seassau Célia



Duval Rémy



Wirth Judith



Alletto Lionel



Carrefours de l'innovation
agricole



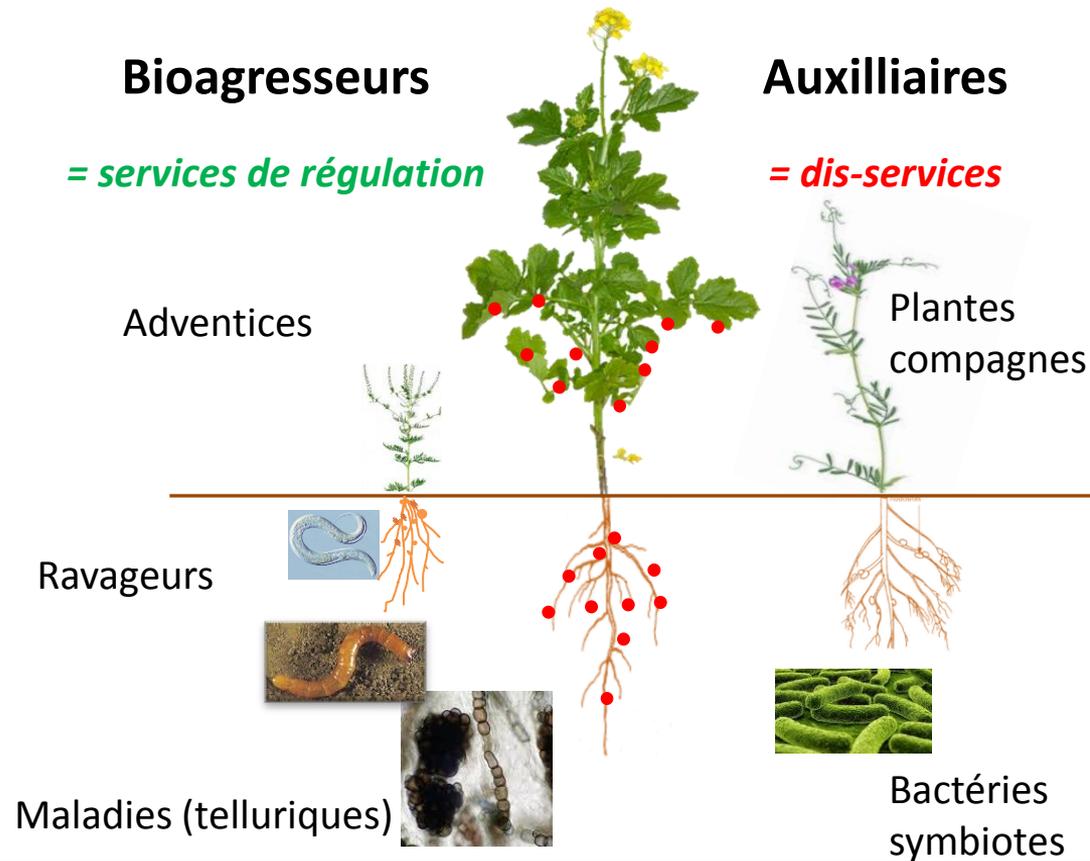
4 octobre 2017

INP-ENSAT Auzerville | Toulouse

Quelques définitions

Allélopathie

Tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante ou d'un microorganisme sur un autre organisme à travers la production de composés chimiques libérés dans l'environnement (Rice, 1984)



Carrefours de l'innovation
agronomique



4 octobre 2017

INP-ENSAT Auzeville | Toulouse

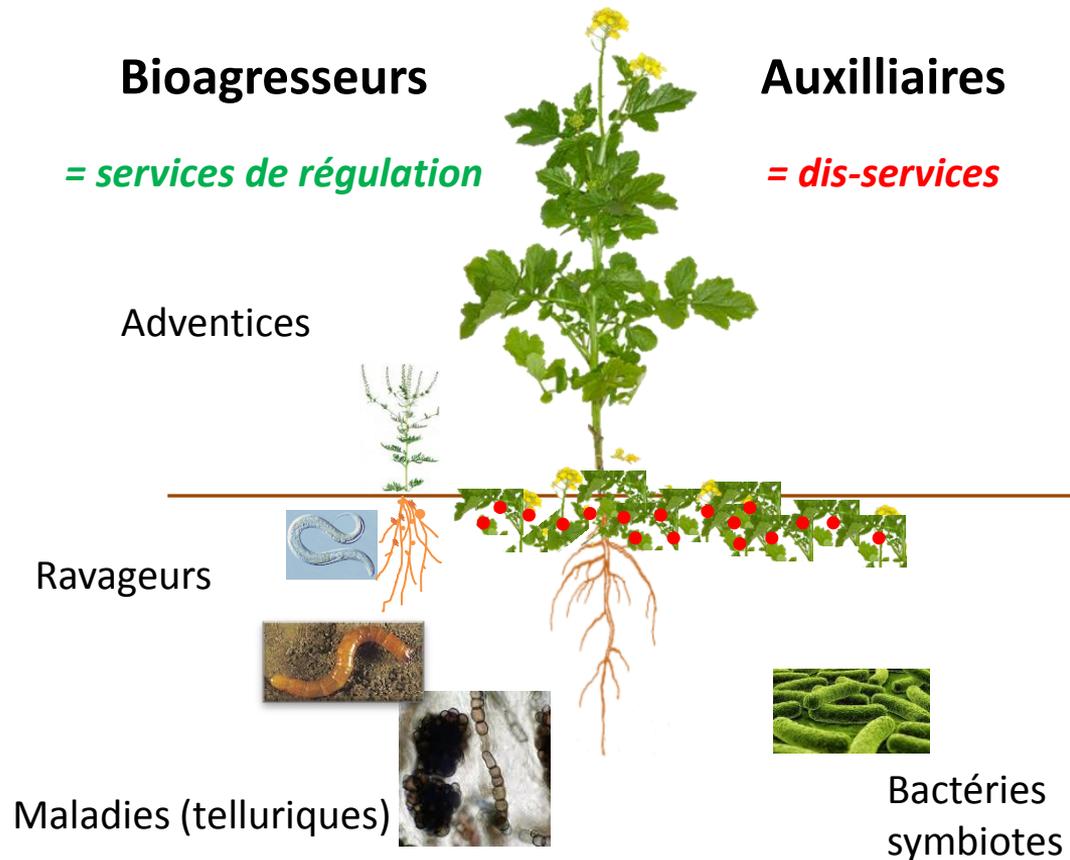


Quelques définitions

Biofumigation

Suppression de pathogènes du sol par des composés biocides libérés dans le sol provenant de la biodégradation de la matière organique issue de composés végétaux.

Initialement utilisé pour désigner les effets toxiques des Brassicacées (Kirkegaard et al., 1993)



Quelques définitions

Biofumigation

Suppression de pathogènes du sol par des composés biocides libérés dans le sol provenant de la biodégradation de la matière organique issue de composés végétaux.

Initialement utilisé pour désigner les effets toxiques des Brassicacées (Kirkegaard et al., 1993)

(©RAGT-Joordens)



Carrefours de l'innovation
agricole

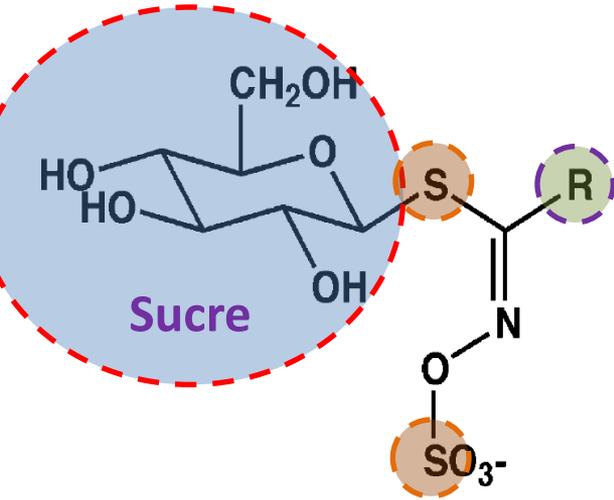


4 octobre 2017

INP-ENSAT Auzerville | Toulouse



Glucosinolates



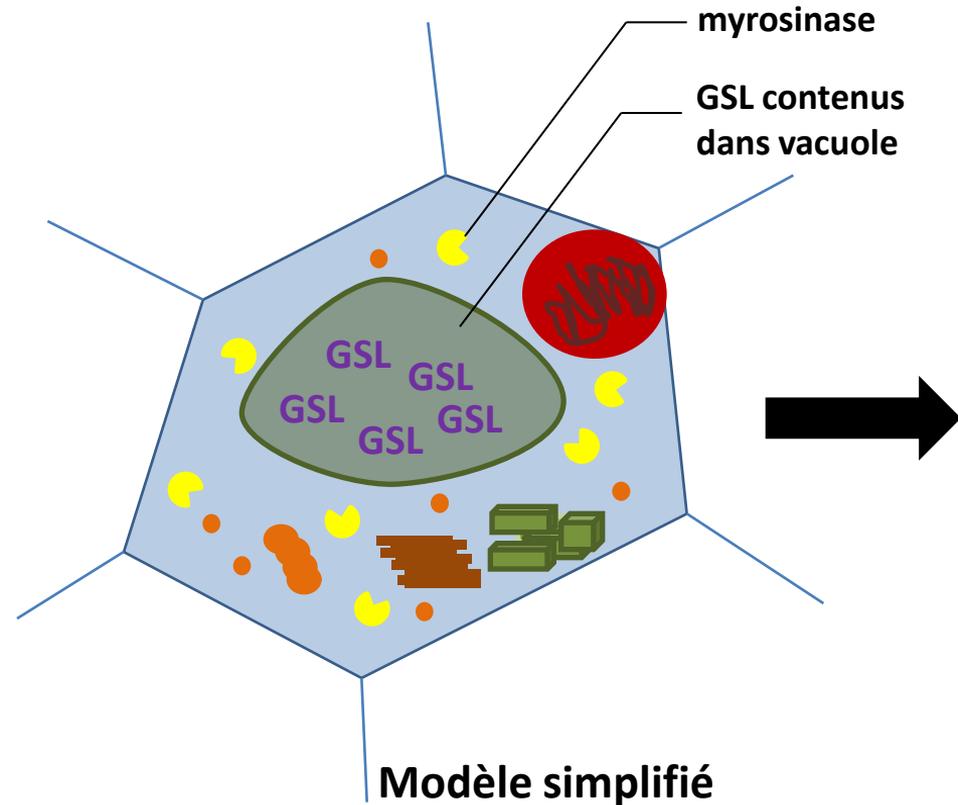
Acides aminés	Glucosinolates (GSL)	Type de GSL
méthionine	glucoérucine, glucoraphanine, gluconapine, progoitrine,	 Aliphatique
alanine	glucocapparine	
isoleucine	glucocochlearine	
sérine	sinigrine	
valine	glucoputranjivine, isopropyle	
R phénylalanine	sinalbine, glucoaubrietine, gluconasturtiine, glucotropaeoline	 Aromatique
tyrosine		 Indole
tryptophane	glucobrassicine	
	4-hydroxyglubrassicine	
	4-methoxyglubrassicine	
	neoglucobrassicine	

Au moins 2 atomes de S + 1 atome de S

(Agerbirk et Olsen, 2012)



Chez les Brassicacées...

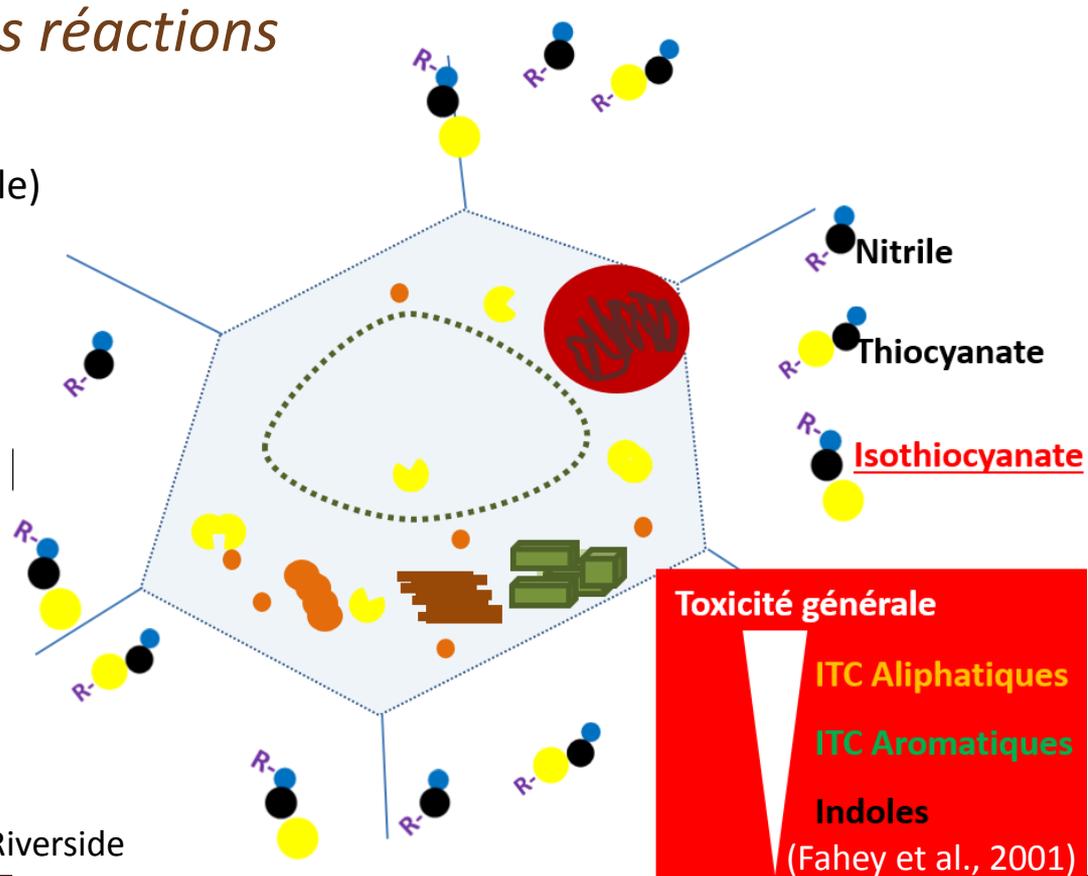


Biofumigation : Optimisation des réactions

- Eau non limitante (irrigation éventuelle)
- Température « élevée » (30-35°C)
(Ploeg et Stapelton, 2001)
- Milieu « confiné »



© UC Riverside



Carrefours de l'innovation
agronomique



4 octobre 2017

INP-ENSAT Auzerville | Toulouse



Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
CHAMPIGNONS	<i>B. napus</i> <i>B. juncea</i> <i>B. oleracea</i> <i>S. alba</i>	<i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> sp. (Stephens et al 1999 ; Seigies & Pritts, 2006) <i>Verticilium dahliae</i> , <i>Fusarium</i> sp. (Hartz et al 2005)	<i>Verticilium dahliae</i> (Xiao et al 1998) <i>Gaeumannomyces graminis</i> (piétin échaudage) (Gardner et al 1998 ; Kirkegaard et al 1997, 2000 ; Angus et al 1994 ; Smith et al 2004) <i>Fusarium graminearum</i> (Kirkegaard et al 2004) <i>Sclerotinia minor</i> (Daugovish et al 2004) <i>Aphanomyces euteiches</i> (Muehlchen et al 1990) <i>Rhizoctonia solani</i> (Motisi et al 2009)



Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
<p>CHAMPIGNONS</p>	<p><i>B. napus</i> <i>B. juncea</i> <i>B. oleracea</i> <i>S. alba</i></p>	<p><i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i>, <i>Fusarium</i> sp. (Stephens et al 1999 ; Seigies & Pritts, 2006) <i>Verticilium dahliae</i>, <i>Fusarium</i> sp. (Hartz et al 2005)</p> <p>Champignons mycorhiziens à arbuscule (CMA) (Valetti et al 2016)</p>	<p><i>Verticilium dahliae</i> (Xiao et al 1998) <i>Gaeumannomyces graminis</i> (piétin échaudage) (Gardner et al 1998 ; Kirkegaard et al 1997, 2000 ; Angus et al 1994 ; Smith et al 2004) <i>Fusarium graminearum</i> (Kirkegaard et al 2004) <i>Sclerotinia minor</i> (Daugovish et al 2004) <i>Aphanomyces euteiches</i> (Muehlchen et al 1990) <i>Rhizoctonia solani</i> (Motisi et al 2009)</p> <p><i>Trichoderma</i> (Kirkegaard & Matthiessen 2004 ; Galletti et al 2008)</p>



Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
<p>CHAMPIGNONS</p>	<p><i>B. napus</i> <i>B. juncea</i> <i>B. oleracea</i> <i>S. alba</i></p>	<p><i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i>, <i>Fusarium</i> sp. (Stephens et al 1999 ; Seigies & Pritts, 2006) <i>Verticilium dahliae</i>, <i>Fusarium</i> sp. (Hartz et al 2005)</p> <p>Champignons mycorhiziens à arbuscule (CMA) (Valetti et al 2016)</p>	<p><i>Verticilium dahliae</i> (Xiao et al 1998) <i>Gaeumannomyces graminis</i> (piétin échaudage) (Gardner et al 1998 ; Kirkegaard et al 1997, 2000 ; Angus et al 1994 ; Smith et al 2004) <i>Fusarium graminearum</i> (Kirkegaard et al 2004) <i>Sclerotinia minor</i> (Daugovish et al 2004) <i>Aphanomyces euteiches</i> (Muehlchen et al 1990) <i>Rhizoctonia solani</i> (Motisi et al 2009)</p> <p><i>Trichoderma</i> (Kirkegaard & Matthiessen 2004 ; Galletti et al 2008)</p>
<p>BACTÉRIES</p>		<p>Bactéries nitrifiantes (Bending & Lincoln 2000)</p>	<p><i>Streptomyces scabiei</i> (Gouws & Wehner 2004)</p>



Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
NÉMATODES	<i>B. napus</i> <i>B. juncea</i>	<i>Steinemema</i> sp. <i>Heterorhabditis</i> sp. (nématodes enthomopathogènes) (Ramirez et al 2009 ; Henderson et al 2009)	<i>Tylenchus semipenetrans</i> (Daugovich et al 2004 ; Walker & Morey 1999) <i>Meloïdogyne javanica</i> (Rahman & Somers 2005 ; Stirling & Stirling 2003)



Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
NÉMATODES	<i>B. napus</i> <i>B. juncea</i>	<i>Steinemema</i> sp. <i>Heterorhabditis</i> sp. (nématodes enthomopathogènes) (Ramirez et al 2009 ; Henderson et al 2009)	<i>Tylenchus semipenetrans</i> (Daugovich et al 2004 ; Walker & Morey 1999) <i>Meloïdogyne javanica</i> (Rahman & Somers 2005 ; Stirling & Stirling 2003)
		<i>Agriotes sordidus</i> (Thibord et al 2015 ; Laznik et al 2014)	<i>Inopus rubriceps</i> (diptère) (Blank et al 1982) <i>Agriotes sordidus</i> , <i>Agriotes ustulatus</i> (Furlan et al 2010 ; Frost et al 2002 ; Thibord et al 2015) <i>Limonius californicus</i> (taupin) (William et al 1993 ; Elberson et al 1996) <i>Tetranychus urticae</i> (araignée rouge) (Piccinini et al 2015) <i>Melolontha hippocastani</i> (hanneton forestier) (Sukavata et al 2015)
INSECTES	<i>B. oleracea</i> <i>R. sativus</i> <i>B. juncea</i> (farine) <i>B. carinata</i> (farine) <i>B. napus</i>	 Effets observés avec des tourteaux principalement	



Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
NÉMATODES	<i>B. napus</i> <i>B. juncea</i>	<i>Steinemema</i> sp. <i>Heterorhabditis</i> sp. (nématodes enthomopathogènes) (Ramirez et al 2009 ; Henderson et al 2009)	<i>Tylenchus semipenetrans</i> (Daugovish et al 2004 ; Walker & Morey 1999) <i>Meloïdogyne javanica</i> (Rahman & Somers 2005 ; Stirling & Stirling 2003)
		<i>Agriotes sordidus</i> (Thibord et al 2015 ; Laznik et al 2014)	<i>Inopus rubriceps</i> (diptère) (Blank et al 1982) <i>Agriotes sordidus</i> , <i>Agriotes ustulatus</i> (Furlan et al 2010 ; Frost et al 2002 ; Thibord et al 2015) <i>Limonius californicus</i> (taupin) (William et al 1993 ; Elberson et al 1996) <i>Tetranychus urticae</i> (araignée rouge) (Piccinini et al 2015) <i>Melolontha hippocastani</i> (hanneton forestier) (Sukavata et al 2015)
INSECTES	<i>B. oleracea</i> <i>R. sativus</i> <i>B. juncea</i> (farine) <i>B. carinata</i> (farine) <i>B. napus</i>	 Effets observés avec des tourteaux principalement	
ADVENTICES	Exposé de Judith Wirth (Agroscope) et exposé de Stéphane Cordeau (INRA)		



Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
NÉMATODES	<i>B. napus</i> <i>B. juncea</i>	<i>Steinemema</i> sp. <i>Heterorhabditis</i> sp. (nématodes entomopathogènes) (Ramirez et al 2009 ; Henderson et al 2009)	<i>Tylenchus semipenetrans</i> (Daugovich et al 2004 ; Walker & Morey 1999) <i>Meloïdogyne javanica</i> (Rahman & Somers
INSECTES	<p>➔ <i>Coming soon...</i></p> <p>Couédel et al. Pest management with Brassicaceae cultivated in sole crop or in mixtures. A review.</p>		
ADVENTICES	<p>Exposé de Judith Wirth (Agroscope) et exposé de Stéphane Cordeau (INRA)</p>		



Production GSL = Interactions Génotype x Environnement x Conduite

CASDAR & CLE CRUCIAL (2014-2017)



Antoine Couédel
Doctorant UMR AGIR



Carrefours de l'innovation
agronomique



4 octobre 2017

INP-ENSAT Auzeville | Toulouse



Production GSL = Interactions Génotype x Environnement x Conduite

CASDAR & CLE CRUCIAL (2014-2017)

+ quelques effets de régulation biotique



Pauline David
Etudiante M2



Antoine Brin
EC Ecologie
INP Purpan

Agriotes sordidus



→ *Verticillium dahliae*



© Terres Inovia



Célia Seassau
EC Phytopathologie
INP Purpan



Benoit Galaup
Etudiant M2
UMR AGIR



Production GSL = Interactions **Génotype** x Environnement x Conduite

- **Composition** : déterminisme génétique de l'espèce (Kirkegaard et Sarwar, 1998)
- **Teneur** : faible effet variétal ; Liens avec précocité / stade de développement ? (Kabouw et al., 2010 ; Zhu et al., 2013)
- **Piste** : sélection variétale en cours...



Variabilité génotypique

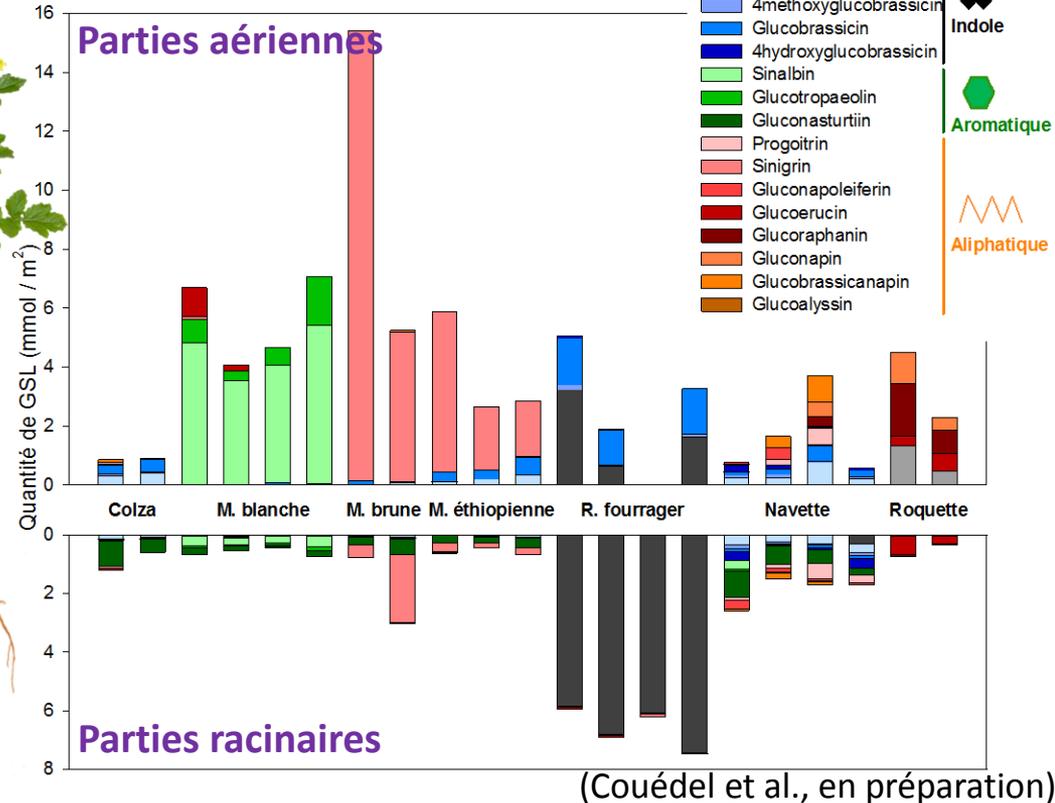
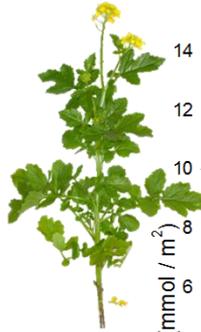
Méthodologie

→ Analyses sur 21 espèces / variétés de crucifères en culture pure (et mélanges)

→ Distinction entre parties aériennes et racinaires

Résultats majeurs

→ Effet espèce ET variétal (pour certaines espèces : M. brune Etamine) : effort de sélection



Production GSL = Interactions **Génotype** x **Environnement** x **Conduite**

Effets abiotiques ←

Effets majeurs des teneurs en N et S des sols

(Falk et al., 2007 ; Couédel et al., en préparation)

Effets biotiques ←

Production de GSL est une réaction de défense

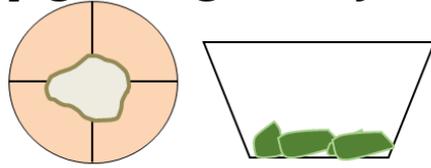
(Björkam et al., 2011)

Effets texture / composition du sol ←



Quelques effets de régulation biotique : étude sur *V. dahliae*

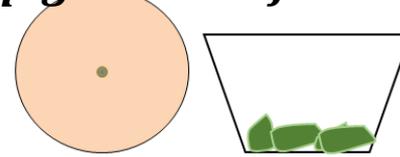
Champignon âgé de 8 jours



fond

Verre à bodega

Champignon sous forme de microsclérote



fond

Verre à bodega

Biomasse racinaire + aérienne

Biomasse aérienne

Biomasse racinaire



(Seassau et al., en préparation)

↓
Suivi de la germination et du développement du pathogène



Carrefours de l'innovation
agronomique



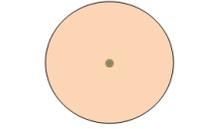
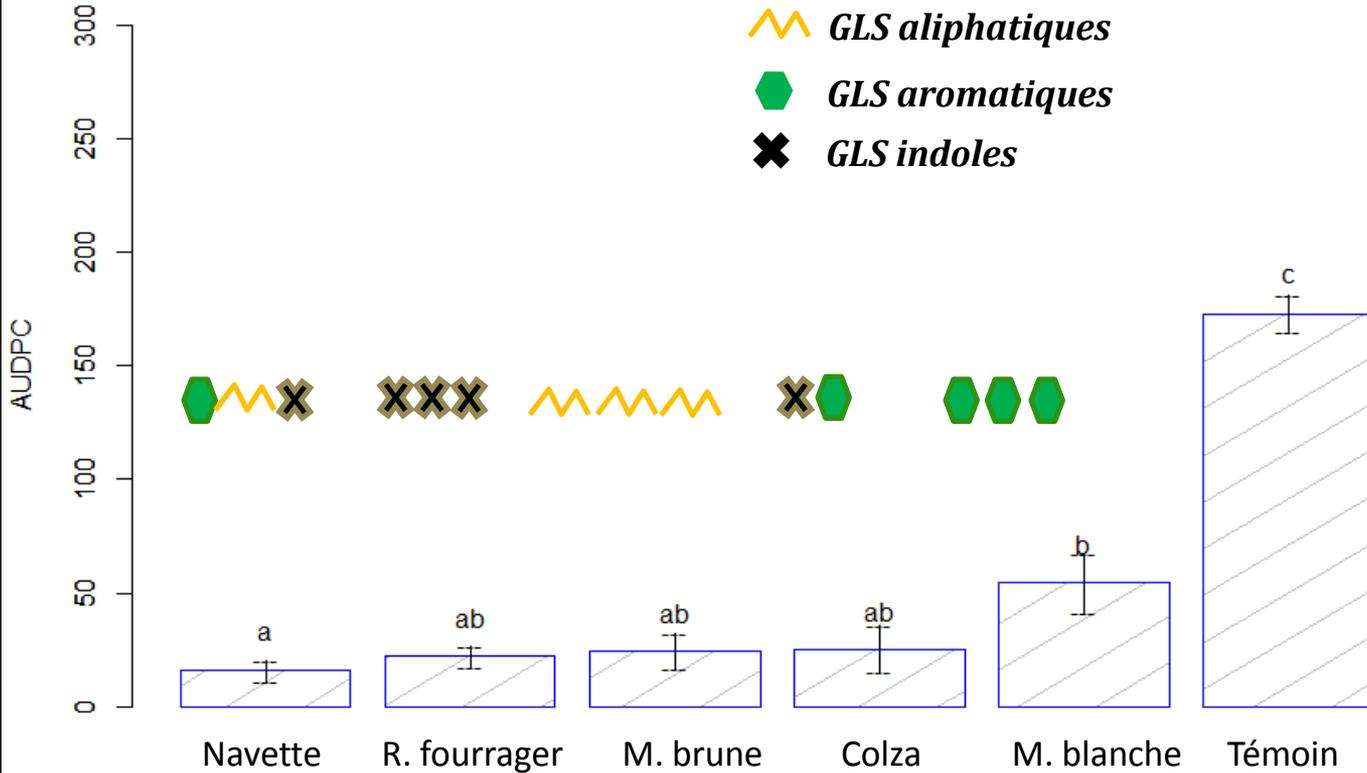
4 octobre 2017

INP-ENSAT Auzerville | Toulouse



Quelques effets de régulation biotique : étude sur *V. dahliae*

➔ Germination du champignon



J0



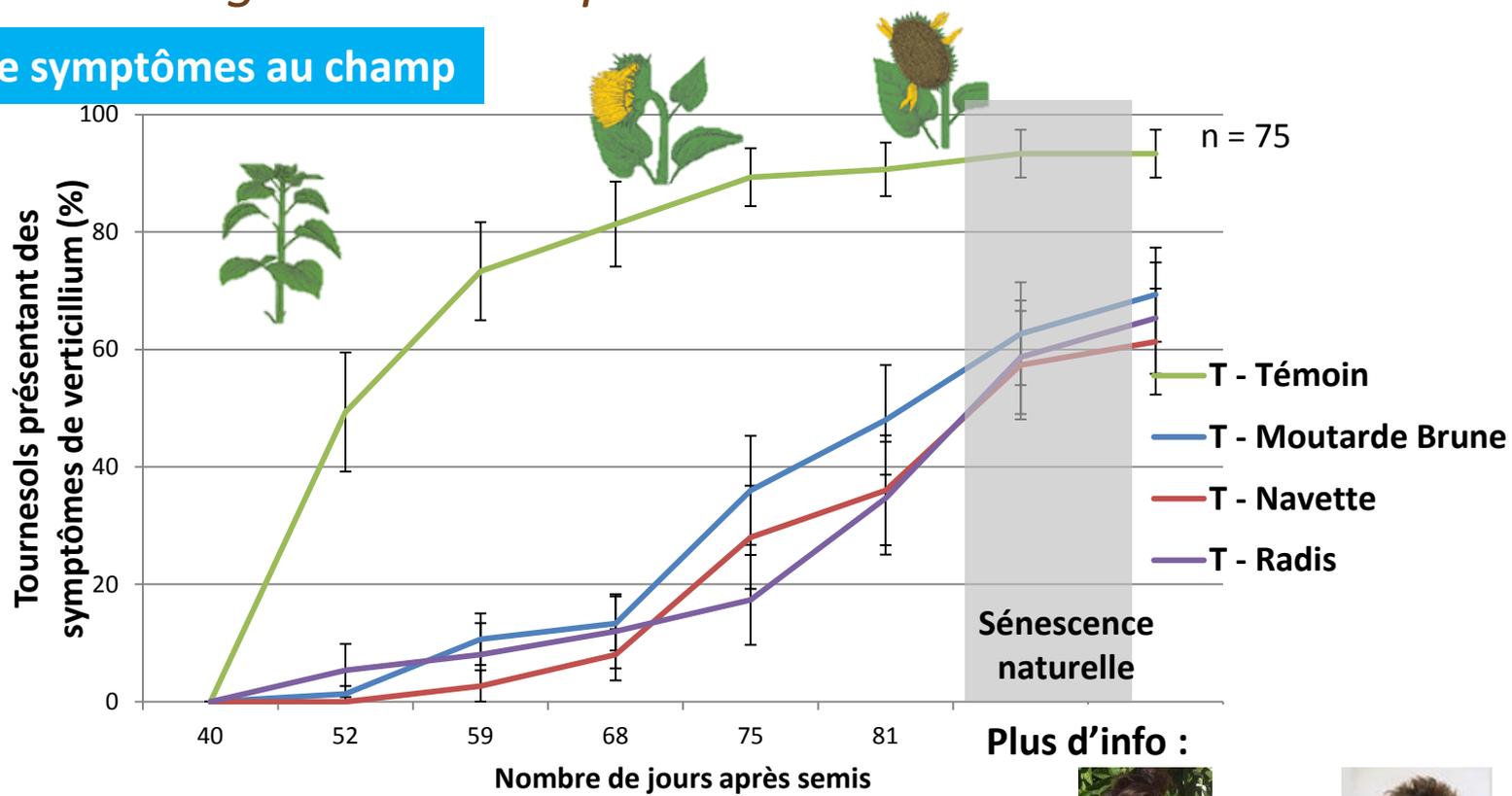
J21

(Seassau et al., en préparation)



Quelques effets de régulation biotique : étude sur *V. dahliae*

➤ Expression de symptômes au champ



Plus d'info :



Célia Seassau Benoit Galaup



Carrefours de l'innovation agronomique



4 octobre 2017
INP-ENSAT Auzeville

Quelques effets de régulation biotique : étude sur *A. sordidus*

Méthodologie

6 traitements :

- Témoin « sol nu » +
- Couverts : M. brune, Navette, R. fourrager + Vesce
- Tourteau de M. éthiopienne (BioFence)
- 10 larves / microcosme (10 répétitions)



→ Comportement alimentaire

→ Effet larvifuge

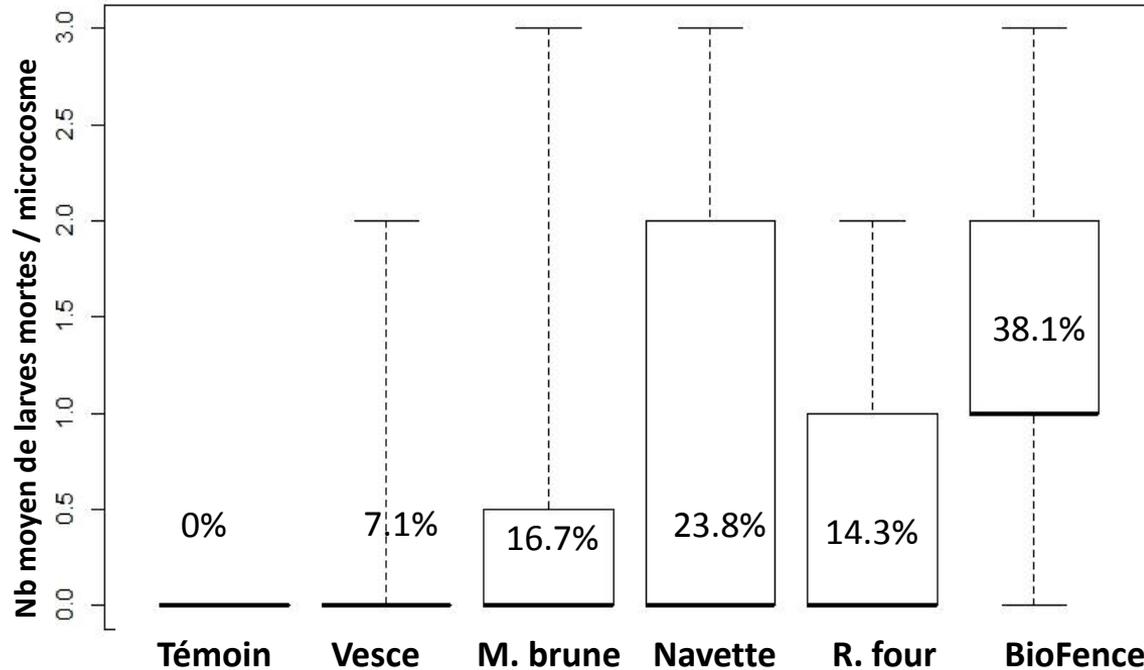
→ Effet larvicide



Quelques effets de régulation biotique : étude sur *A. sordidus*

- Aucun effet larvifuge
- Aucun effet sur le comportement alimentaire des larves
- Aucun effet larvicide des couverts étudiés

↻ Effet larvicide du tourteau de *M. éthiopienne* (BioFence)



(David, 2017)

Eléments de [conclusion]...

- (1) Effets partiels des CIMS sur les régulations biologiques => à envisager dans le cadre d'une **réflexion systémique combinant différents leviers**



Éléments de [conclusion]...

(3) Fronts de R&D

⇒ Effort de caractérisation des dis-services indispensable

⇒ **Quelle stratégie rechercher** : De la diversité ? De la quantité ? Un composé en particulier ? Une famille ?

⇒ Projets d'encapsulation GSL / myrosinase ; arrivée sur le territoire de produits de biocontrôle : *CIMS devient une culture marchande...*





Merci de votre attention

lionel.alletto@occitanie.chambagri.fr