



**HAL**  
open science

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

Antoine Couëdel, Celia Seassau, Rémy Duval, Judith Wirth, Lionel Alletto

### ► To cite this version:

Antoine Couëdel, Celia Seassau, Rémy Duval, Judith Wirth, Lionel Alletto. Services et dis-services de régulation biotique par allélopathie et biofumigation produits par les cultures intermédiaires multiservices de crucifères. Carrefours de l'innovation agronomique, Oct 2017, Toulouse, France. 28 p. hal-03537958

**HAL Id: hal-03537958**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03537958>**

Submitted on 20 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



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  
agronomique



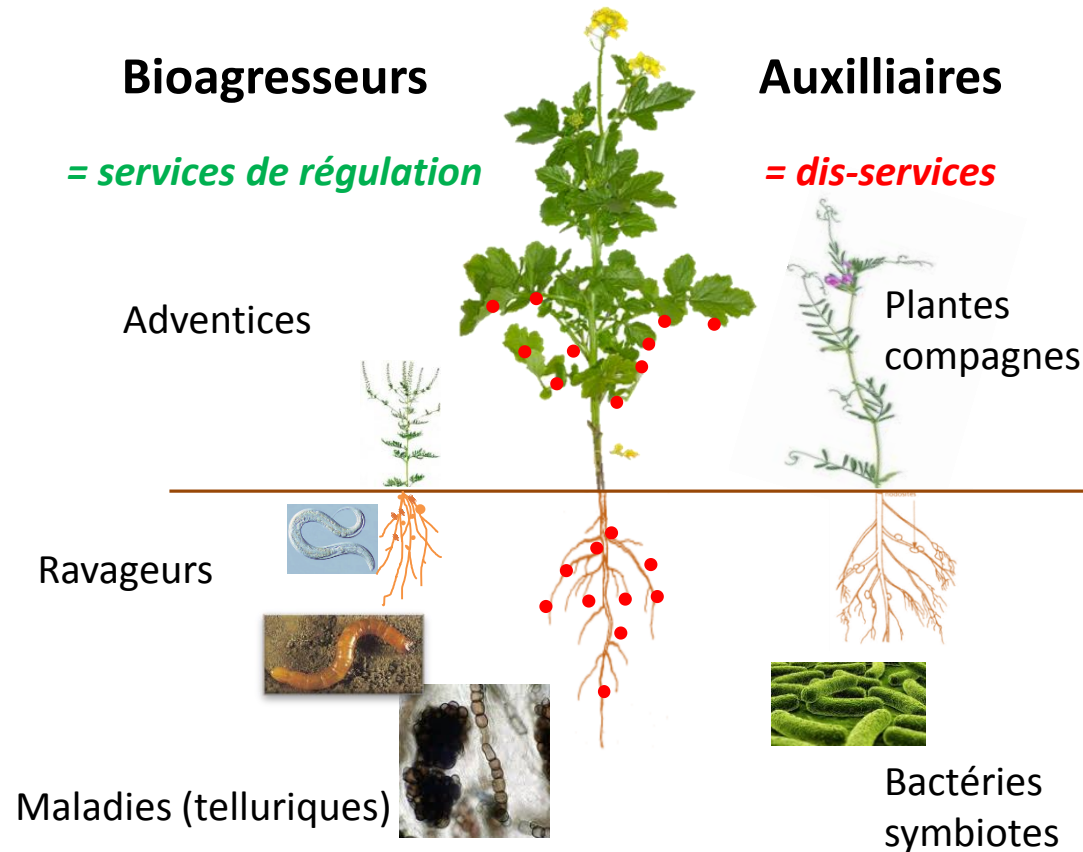
4 octobre 2017

l'INP-ENSAT d'Auzeville | 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

l'INP-ENSAT d'Auzeville | Toulouse

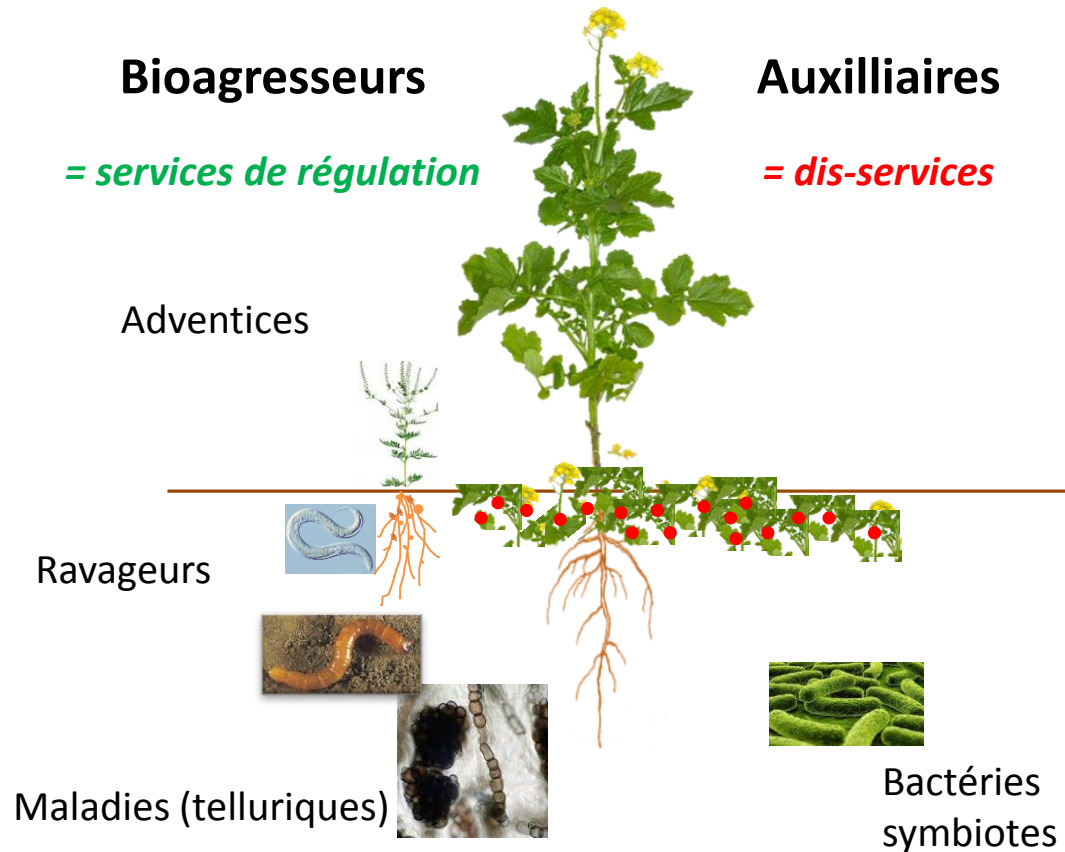


# Quelques définitions

## 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  
agronomique

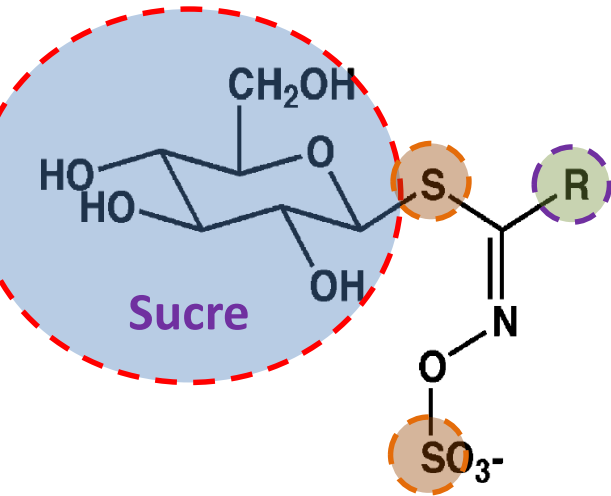





4 octobre 2017

l'INP-ENSAT d'Auzeville | Toulouse



## Glucosinolates



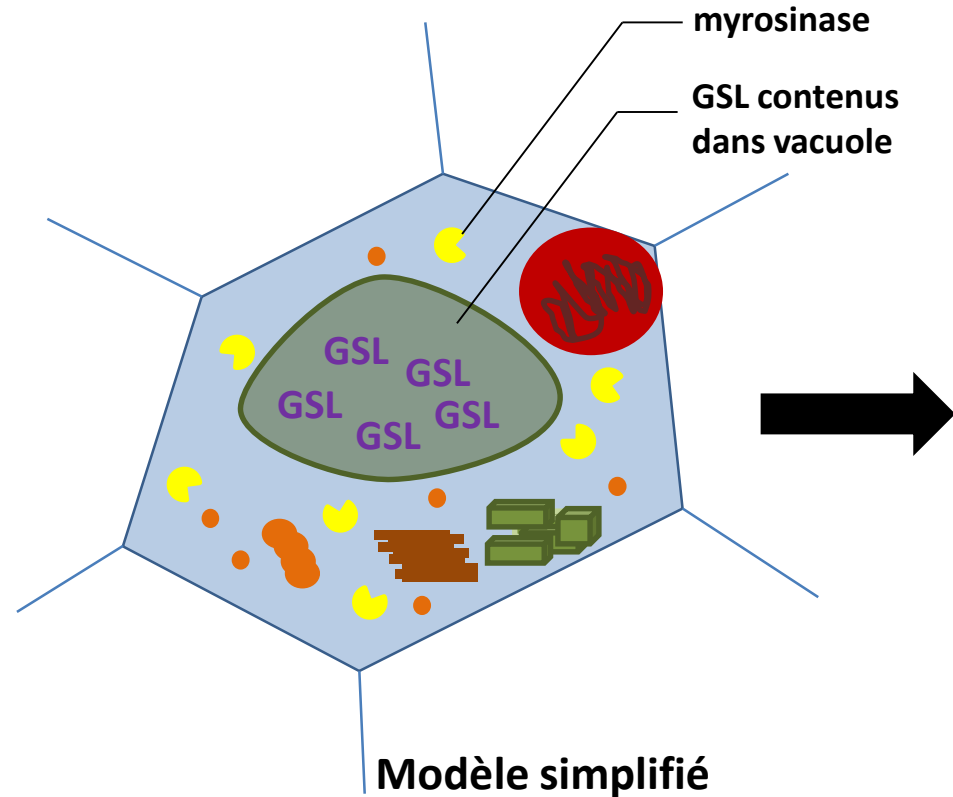
Acides aminés	Glucosinolates (GSL)	Type de GSL
méthionine	glucoérucine, glucoraphanine, gluconapine, progoitrine,	 Aliphatique
alanine	glucocapparine	
isoleucine	glucocochlearine	
sérine	sinigrine	
valine	glucoputranjivine, isopropyle	
R phénylalanine	sinalbine, glucoaubrietine, gluconasturtiine, glucotropaeoline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

Au moins 2 atomes de S + 1 atome de S

(Agerbirk et Olsen, 2012)



# Chez les Brassicacées...





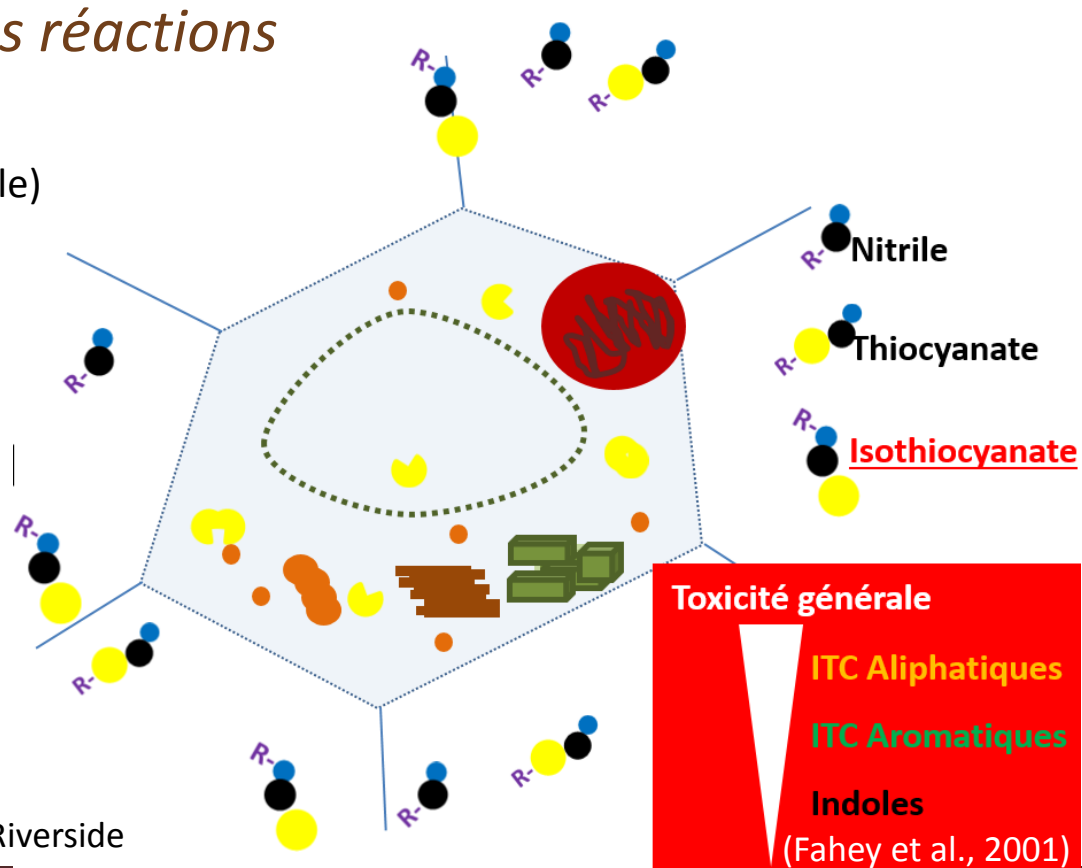
# Biofumigation : Optimisation des réactions

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



S

© UC Riverside



Carrefours de l'innovation  
agronomique





4 octobre 2017

l'INP-ENSAT d'Auzeville | 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><b>CHAMPIGNONS</b></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 &amp; 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 &amp; Matthiessen 2004 ; Galletti et al 2008)</p>





# Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
<p><b>CHAMPIGNONS</b></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 &amp; 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 &amp; Matthiessen 2004 ; Galletti et al 2008)</p>
<p><b>BACTÉRIES</b></p>		<p>Bactéries nitrifiantes (Bending &amp; Lincoln 2000)</p>	<p><i>Streptomyces scabiei</i> (Gouws &amp; Wehner 2004)</p>






# Quelques résultats de la littérature

Bioagresseur	Cultures intermédiaires	 Effets négatifs	 Effets positifs
<b>NÉMATODES</b>	<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> (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	
ADVENTICES	Exposé de Judith Wirth (Agroscope) et exposé de Stéphane Cordeau (INRA)		



## 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

l'INP-ENSAT d'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

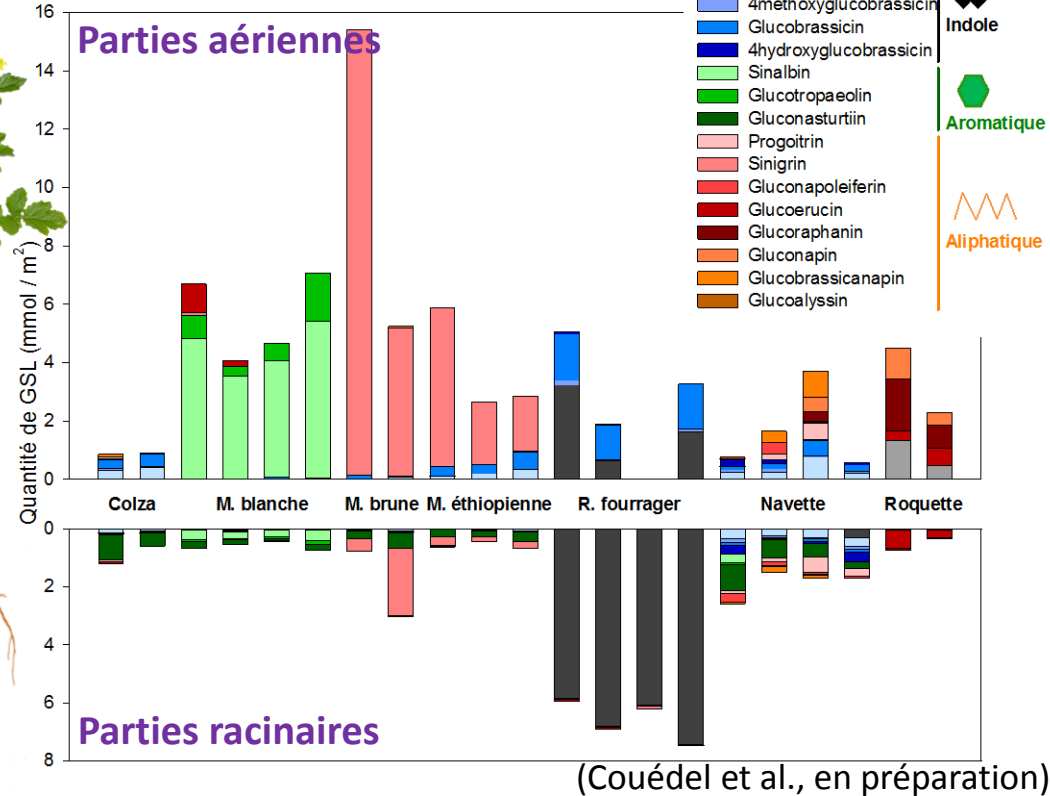
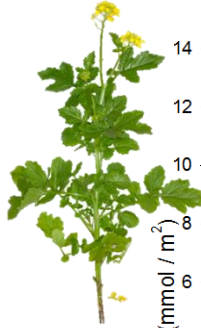
## Méthodologie

→ 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)

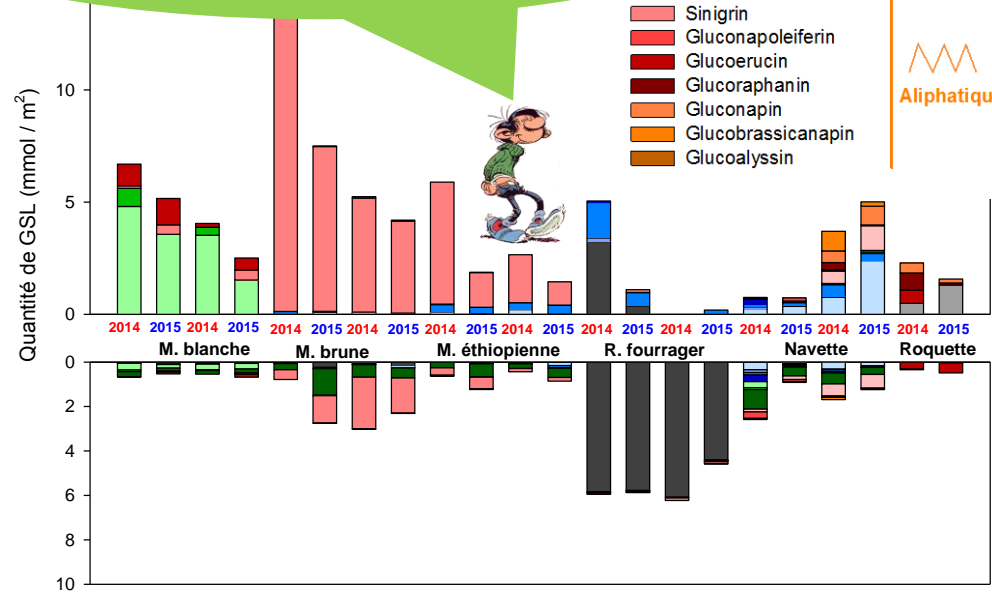
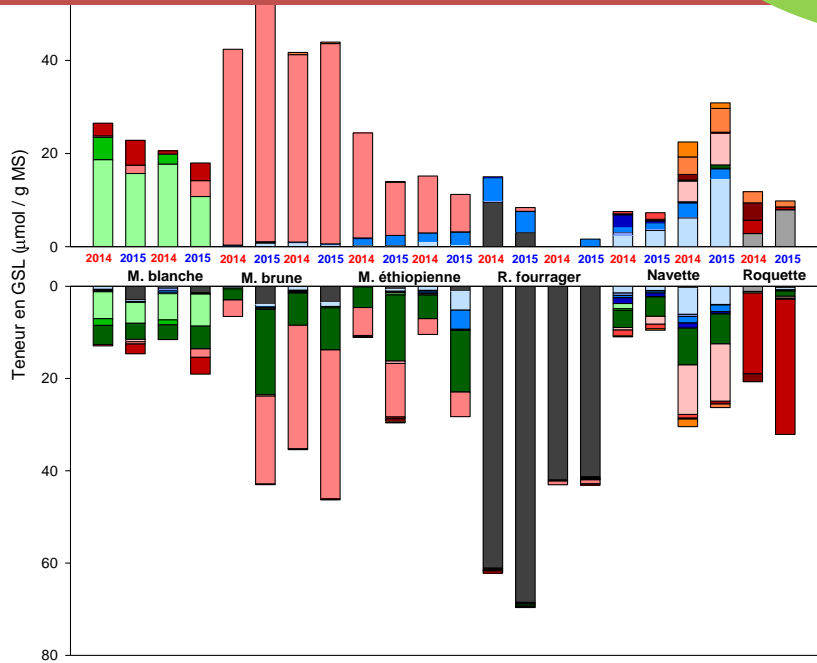
**Effets texture / composition du sol** ←



# Variabilité environnementale

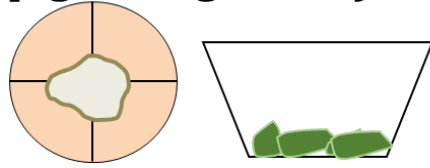
→ Teneurs homogènes entre années pour un même site

*Pour résumer : faible variation des teneurs en GSL dans les organes des plantes mais variabilité des biomasses produites*



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

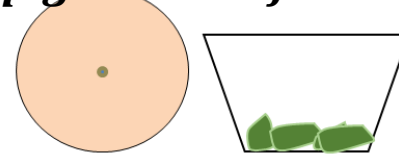
## Champignon âgé de 8 jours



fond

Verre à bodega

## Champignon sous forme de microsclérote



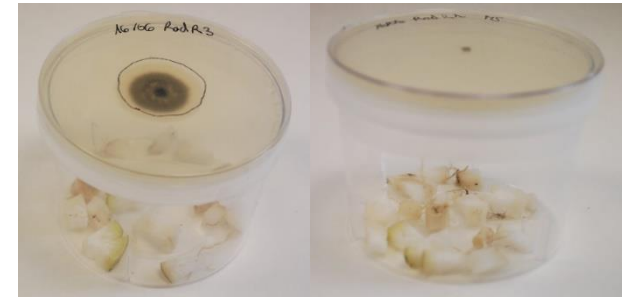
fond

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

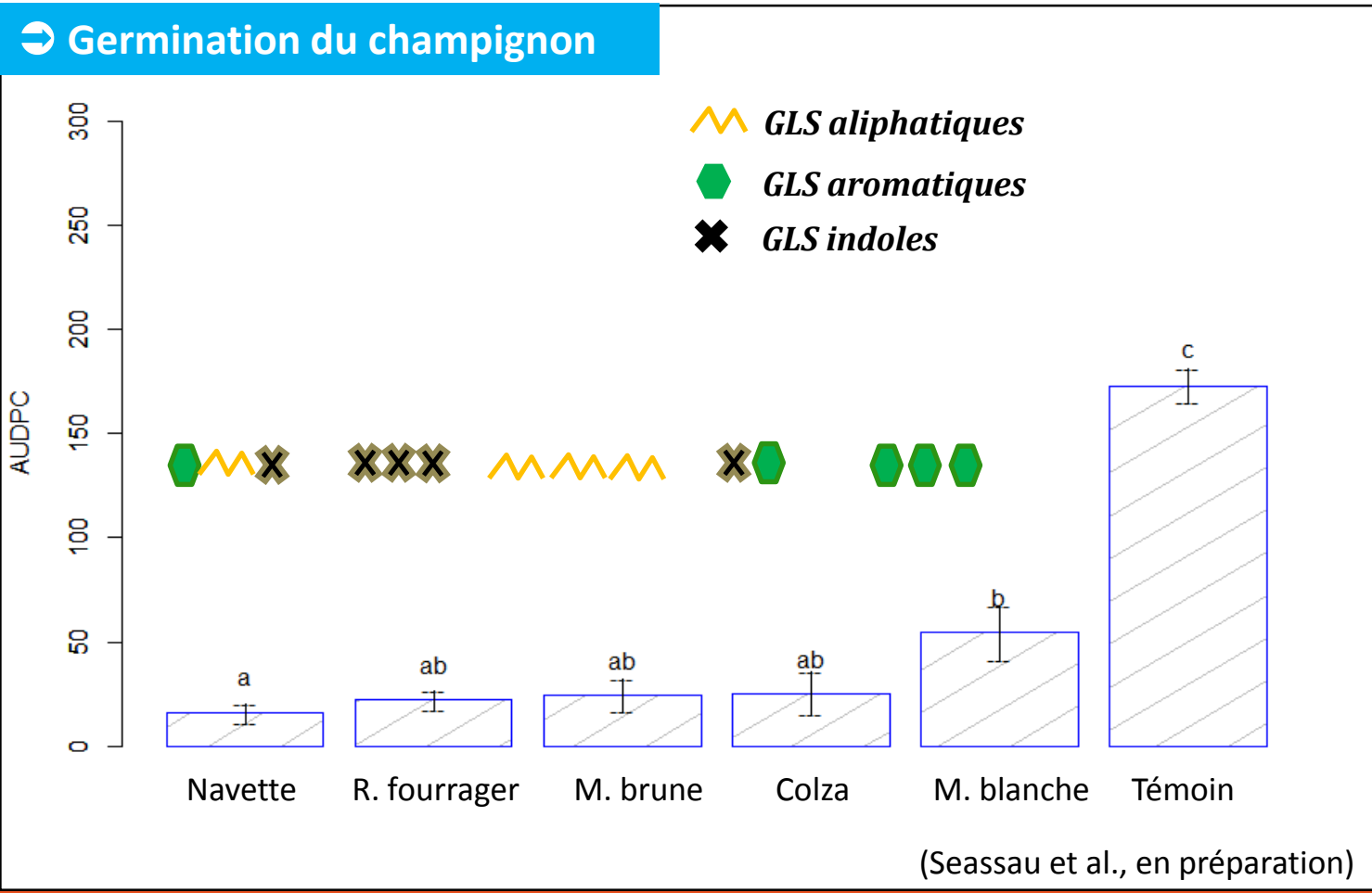
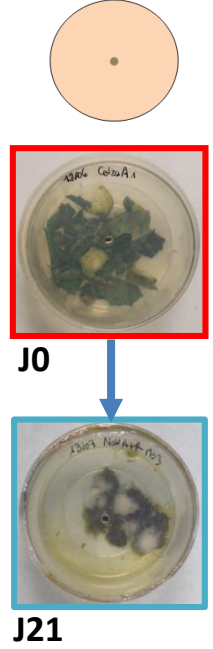


4 octobre 2017

l'INP-ENSAT d'Auzeville | Toulouse

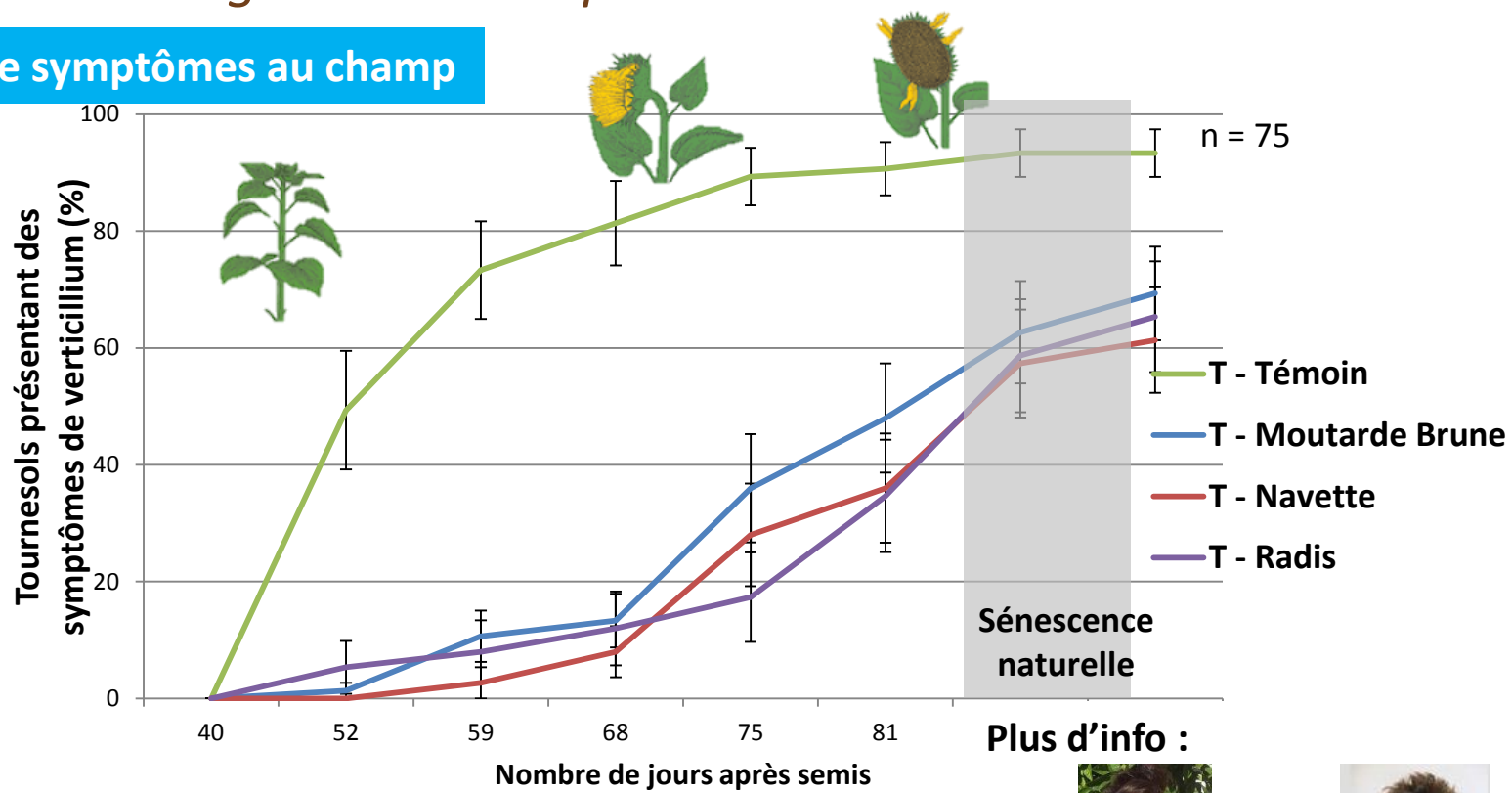


# Quelques effets de régulation biotique : étude sur *V. dahliae*



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

## ➤ Expression de symptômes au champ



Carrefours de l'innovation  
agronomique



4 octobre 2017  
l'INP-ENSAT d'Auzeville



Célia Seassau



Benoit Galaup



# 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

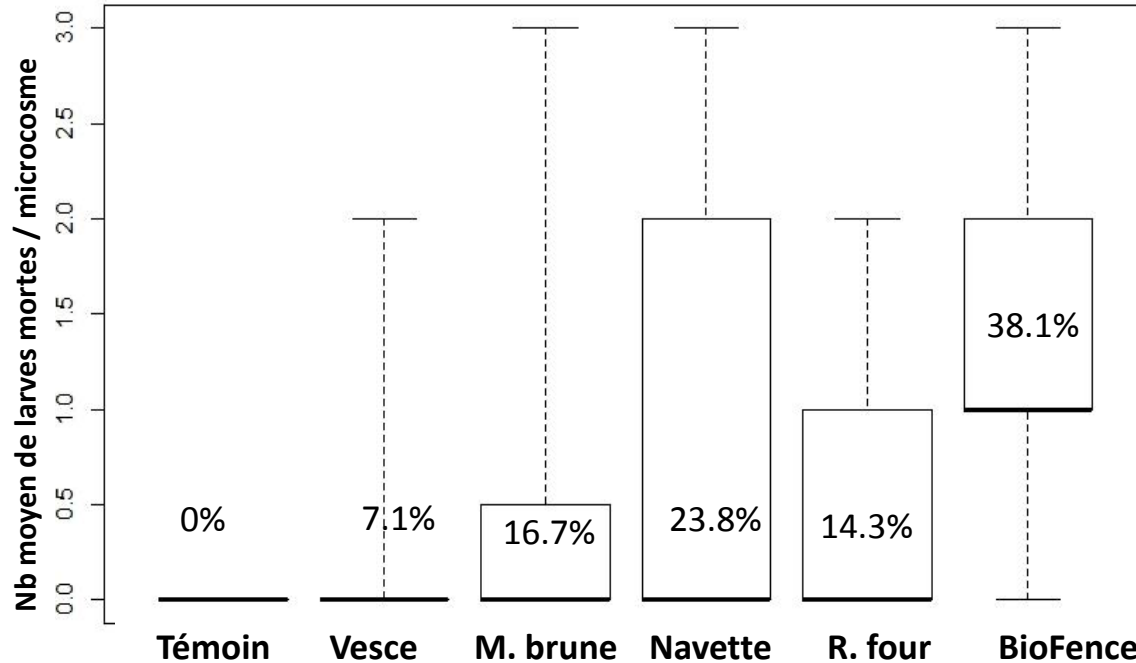
→ Effet larvicide



# 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**



# Eléments 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...*



Carrefours de l'innovation  
agronomique



4 octobre 2017

l'INP-ENSAT d'Auzeville | Toulouse

**TO BE  
CONTINUED...**



---

***Merci de votre attention***

*[lionel.alletto@occitanie.chambagri.fr](mailto:lionel.alletto@occitanie.chambagri.fr)*