



Méthodes de lutte contre les nématodes à galles : biofumigation et biocontrôle

Caroline Djian-Caporalino, ingénieur de recherche INRA

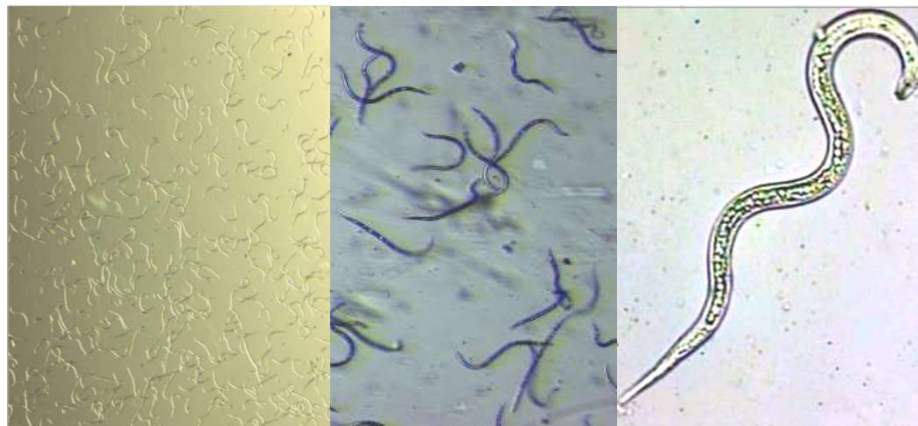
Les nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*)

Vers microscopiques

(0,2 à 2 mm) dans le **sol**
(jusqu'à 30 cm de profondeur
et plus) ou la **plante**

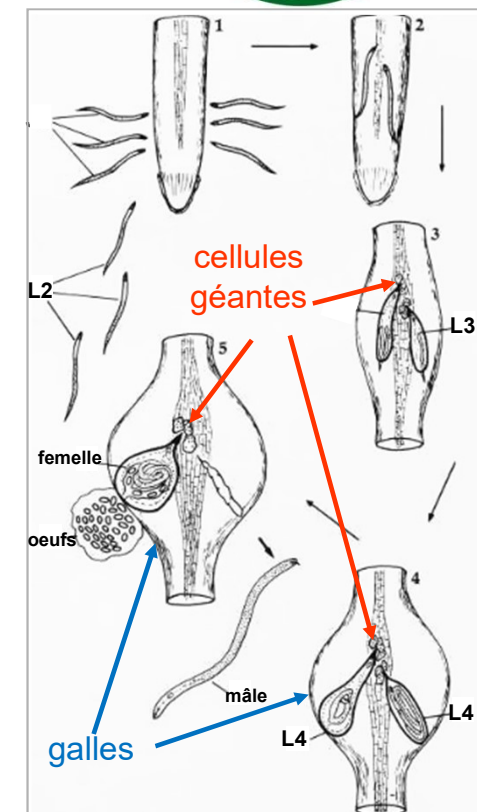
Conservation :

3 – 5 ans et plus



Faible dispersion active : mais dispersion par **l'homme** (arrosage, chaussures, engins de travail du sol)

Symptômes : galles sur racines (dépérissement des parties aériennes... → **mort** de la plante)



Cycle de vie

- ✓ 3 semaines à 3 mois
- ✓ 1 femelle -> 300 à 1000 oeufs
- ✓ plusieurs cycles/an

Importance économique majeure

Toutes les cultures attaquées

Polyphages: > 5500 espèces

fruits, fleurs, légumes, céréales,
bananier, maïs, sorgho, café,
coton, canne à sucre, vigne, ...



Tomates en serre



Concombres sous abri



Salades sous abri



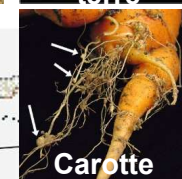
Melons de plein champ



Auberginées sous abri



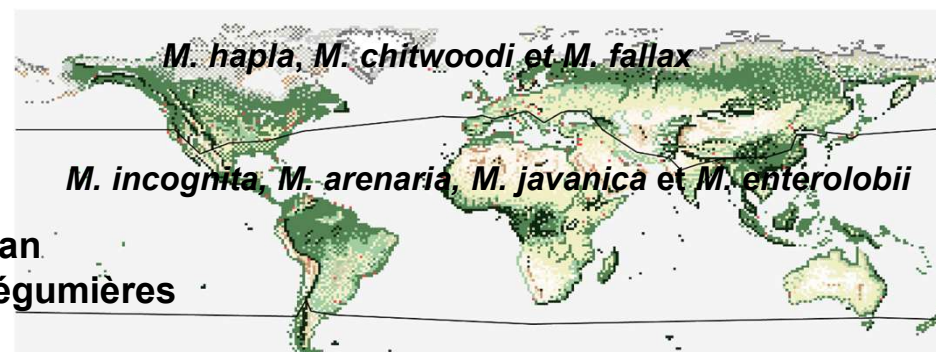
Pomme de terre



Carotte

Le plus important des nématodes phytoparasites dans le monde

Pertes mondiales : des dizaines de milliards Euros/an.
40 à 100% pertes de rendement selon les cultures légumières

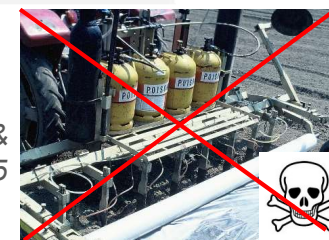


Inquiétude en Europe et dans tous les pays Méditerranéens

> 40% des exploitations maraîchères du sud de la France touchées

OEPP/EPPO 2012

Directive EU 2007 &
Plan Ecophyto 2025



Des espèces de quarantaine en Europe

liste A2: *M. chitwoodi*, *M. fallax*, *M. enterolobii* => lutte obligatoire, jachère noire

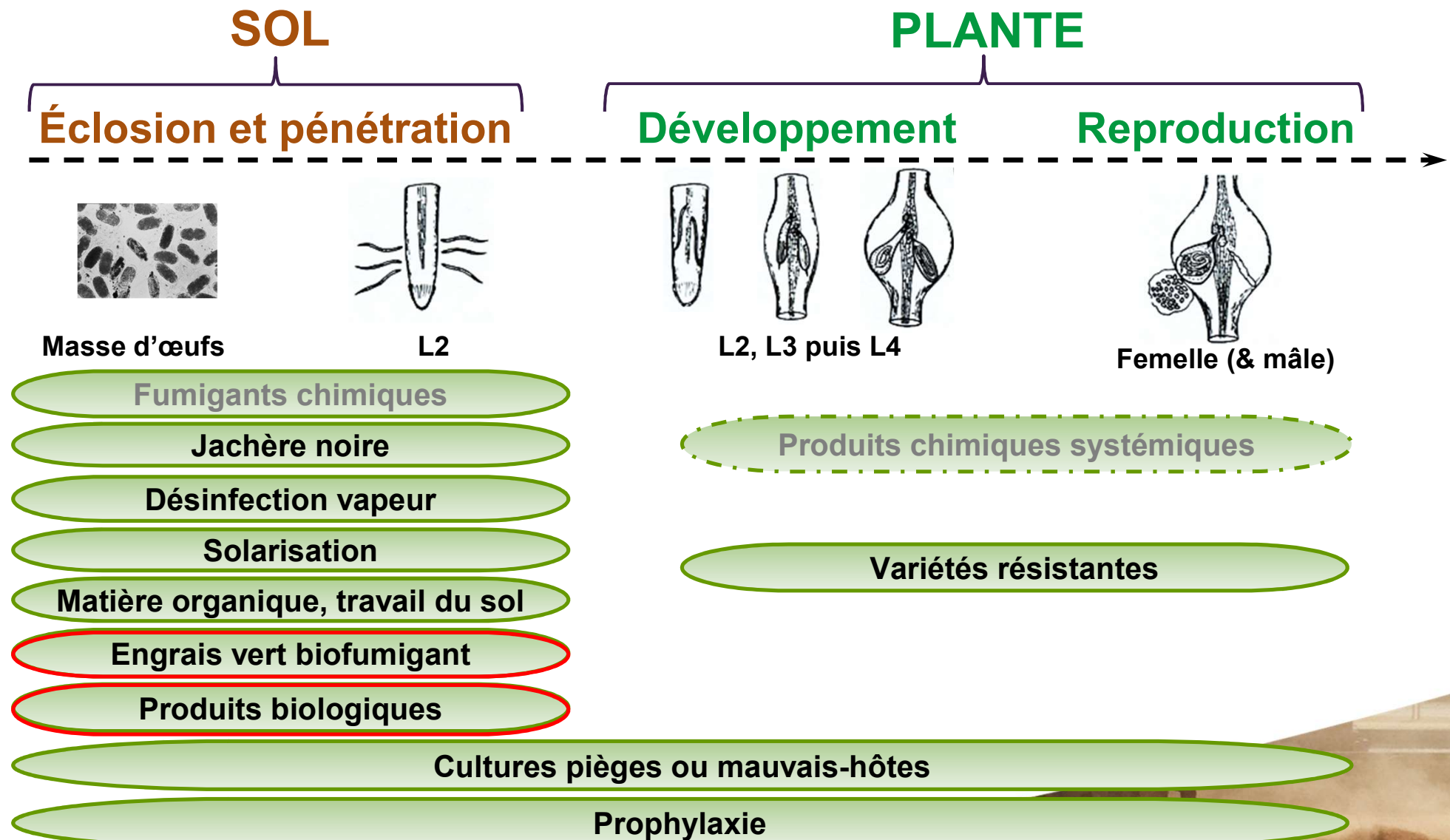
liste d'alerte: *M. ethiopica*, *M. mali*

OEPP/EPPO 2011, Directive 2000/29/CE,
<http://www.eppo.org/QUARANTINE/quarantine.htm>



Journée technique CFF
26 avril 2018

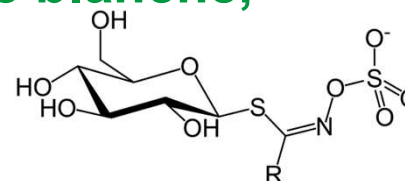
Les méthodes de lutte: à combiner pour une gestion durable des nématodes



Les engrais verts biofumigants

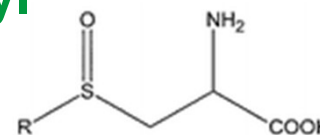
1/ Plantes naturellement riches en glucosinolates: *Brassicaceae* (moutarde brune, moutarde blanche, radis fourrager, roquette)

Kirkegaard & Sarwar, Plant and Soil 1998



2/ Plantes naturellement riches en S-alk(en)yl cysteine sulfoxides : *Alliaceae* (ail, oignon, cibette, ciboulette)

Krest et al. J. Agric. Food Chem 2000



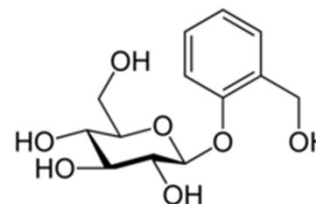
-> libération d'isothiocyanates (ITCs) nématocides (par hydrolyse enzymatique/myrosinase) après enfouissement et décomposition dans le sol (le principal composant du Dazomet -> Methyl-ITC dans le sol)

Journée technique CFF
26 avril 2018

Les engrais verts biofumigants

3/ Plantes riches en dhurrine, glucoside cyanogène : *Poaceae* (sorgho fourrager)

De Nicola et al. J Agr Food Chemistry 2011; Curto et al. Nematology 2012



-> libération de cyanure d'hydrogène (HCN) nématocide (par hydrolyse enzymatique/glucosidases) après enfouissement et décomposition dans le sol

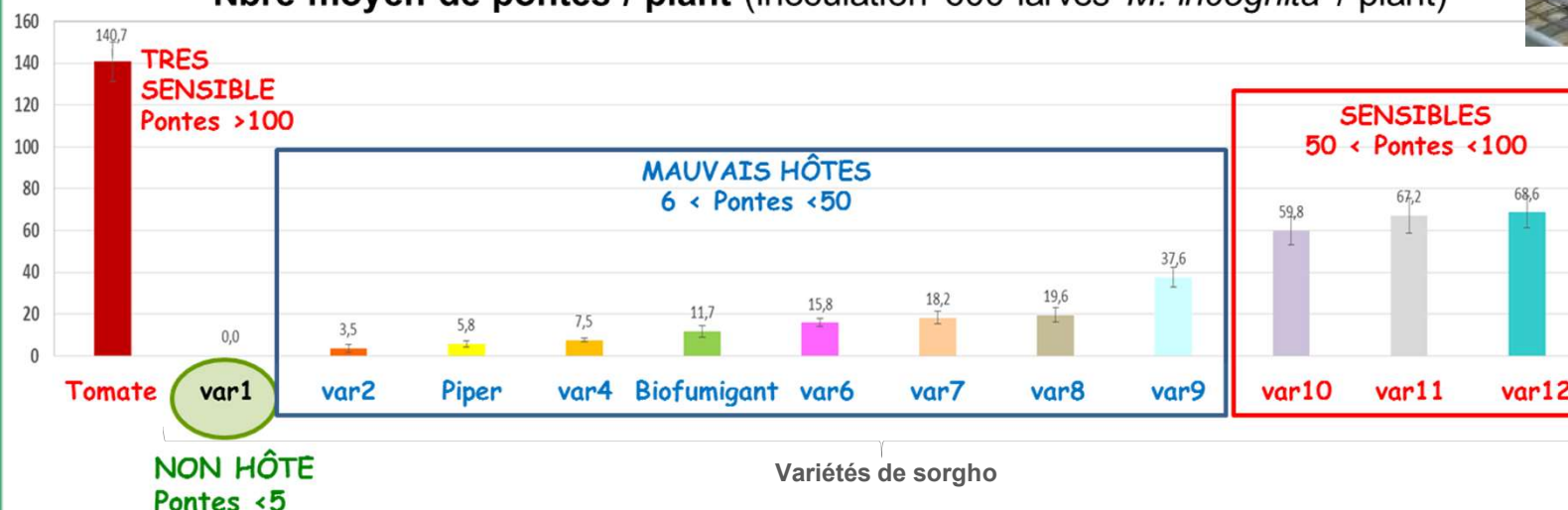
- *Efficacité variable selon conditions de mise en œuvre (broyage fin, sol humide, T°C du sol) et variétés utilisées*
- *Plus efficace si associé à solarisation ?*
- *Film plastique VIF (Virtually Impermeable Film) ↑ efficacité?*
- *Des verrous scientifique, technique, économique et législatif (homologation, AMM) à lever*

Les engrais verts biofumigants

Exemple du sorgho fourrager Goillon et al., Phytoma 2017



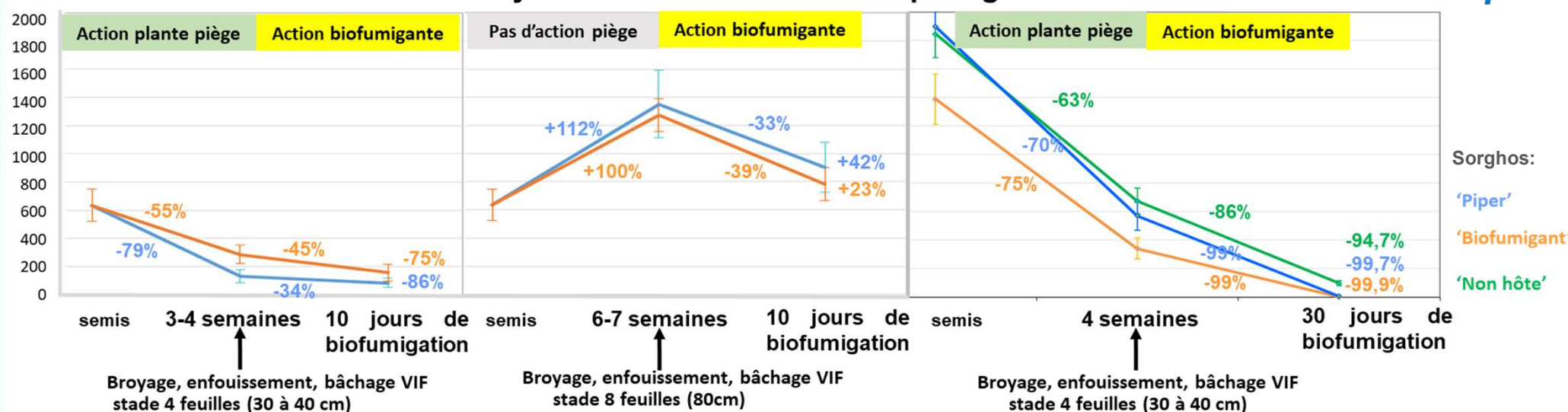
Nbre moyen de pontes / plant (inoculation 600 larves *M. incognita* / plant)



➤ **Effet variétal fort**

➤ **importance du mode d'emploi**

Nombre moyen de nématodes infestant par kg de sol



Les engrais verts biofumigants

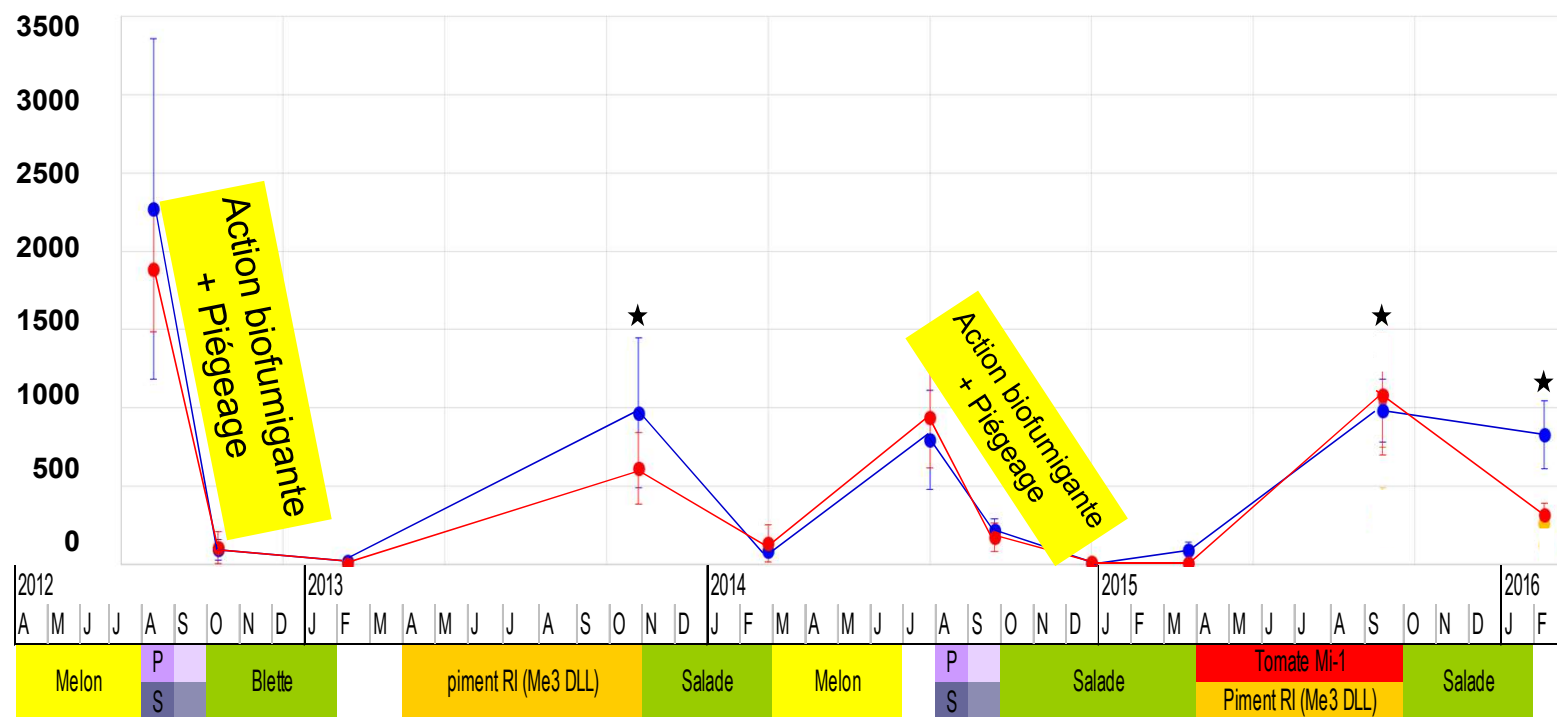
Exemple du sorgho fourrager (projet INRA SMaCH GEDUNEM)

Djian-Caporalino et al., Nematology in press



Nombre de nématodes/ 100g de sol

Site Lambesc



Parcelles:
 — sorgho Piper
 — sorgho biofumigant

➤ **Bonne efficacité des sorghos si bien utilisés (>90%)**

30 jours de culture de sorgho, broyage, enfouissement et fermeture du sol pendant 10-20 jours (pas de VIF)

Journée technique CFF
 26 avril 2018

Les engrais verts biofumigants

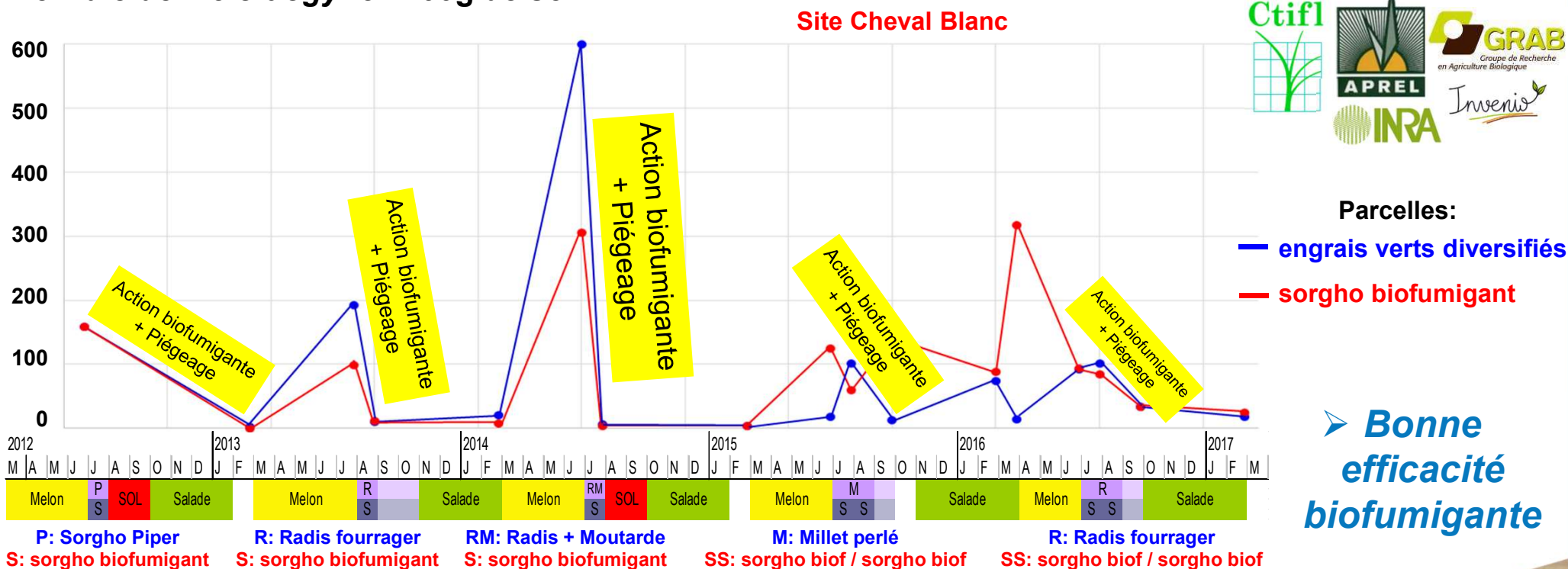
DEPHYécophyto 

Exemple du sorgho fourrager (projet DephyEcophyto GEDUBAT)

Djian-Caporalino et al., Nematology in press



Nombre de *Meloidogyne* / 100g de sol



➤ **Bonne efficacité biofumigante**

30 jours de culture EV, broyage, enfouissement, bâchage VIF, solarisation 2 mois

30 jours de culture EV, broyage, enfouissement, fermeture du sol pendant 2 mois (pas de VIF)

30 jours de culture EV, broyage, enfouissement, bâchage VIF, solarisation 2 mois

2 x 23 jours pour sorgho, 2 mois pour millet broyage, enfouissement, fermeture du sol pendant 1 mois (pas de VIF)

2 x 23 jours pour sorgho, 2 mois pour radis broyage, enfouissement, fermeture du sol pendant 1 mois (pas de VIF)

Journée technique CFF
26 avril 2018

Les engrais verts biofumigants

Exemple d'innovations sur les Brassicaceae

luca.lazzeri@entecra.it



Lazzeri et al., Ind Crops Prod 2004



Engrais vert plante-piège
Eruca sativa cv. Nemat



Engrais vert biofumigant
B. juncea cv. ISCI20 – ISCI99



Commercialisés depuis
2006 en Italie par



Granulés biofumigants (pellets)
EU Patent N° 03 792 616.9 - 1219

Technologie de restauration du sol (Soil Resetting) ↑ efficacité

Chellemi et al., Phytopath 1997



Granulés Herbie 100% végétales



Journée technique CFF
26 avril 2018

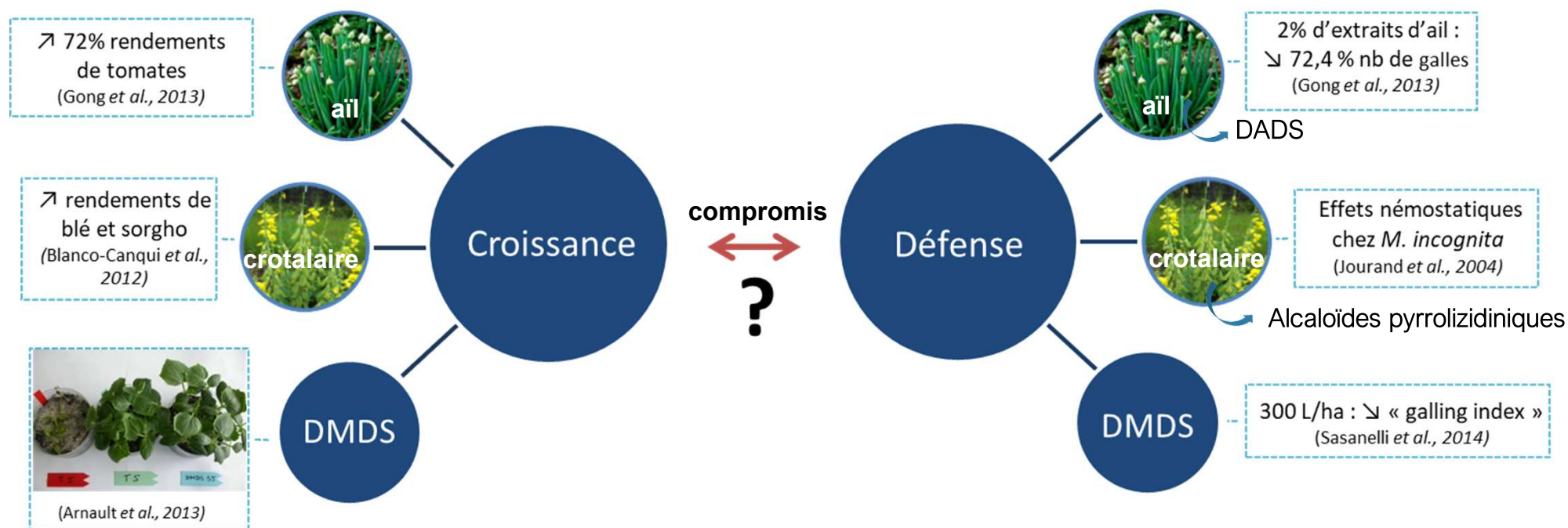
Les engrais verts biofumigants

Exemple d'un projet sur les Alliaceae (Projet PSPE2 EcoPhyto SERUM)

ingrid.arnault@univ-tours.fr



'SERUM': Désinfection des sols en cultures maraichères



Tester en conditions contrôlées les effets biostimulants des cives, des crotalaires et du DMDS sur la croissance de la tomate dans le cadre du développement de la méthode de biocontrôle des *Meloidogyne*

DMDS en cours d'inscription à l'Annexe 1, produit de synthèse non homologué en bio

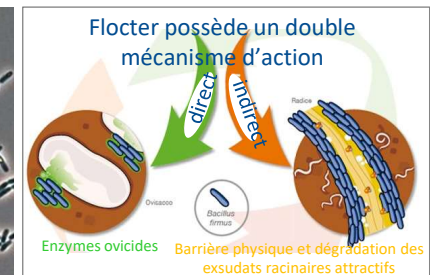
Journée technique CFF
26 avril 2018

Les agents de biocontrôle

1/ Auxiliaires naturels bactériens ou fongiques

✓ Bactéries productrices de toxines (*Bacillus firmus*)

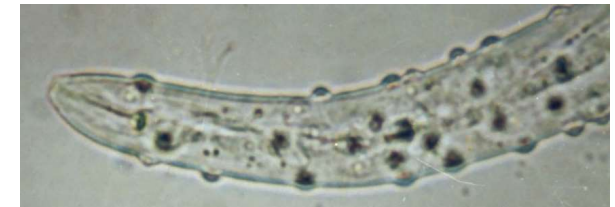
- FLOCTER commercialisé depuis 2012 (Bayer Co.) en maraîchage ;
- VOTIVO & PONCHO (traitement de semences blé, soja, coton) en cours d'inscription



✓ Bactéries (actinomycètes) parasites de larves

(*Pasteuria penetrans*, *P. thornei*, *P. nihizawae*, *Candidatus pasteuria*)

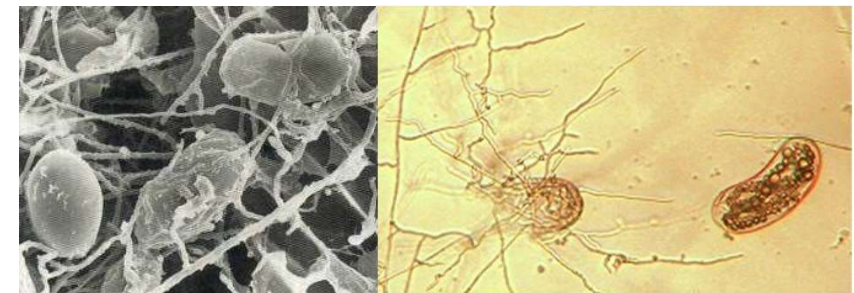
- ECONEM & CLARIVA commercialisés aux USA (Syngenta) / nématodes à kystes du soja



✓ Champignons nématophages parasites

(*Purpureocillium lilacinus* et *P. fumosoroseus* ;
Pochonia chlamydosporia)

- PL251 inscrit Annexe 1 EU 2008 (exp 2018) ; pas d'AMM en France ; commercialisé en Angleterre, Portugal, Italie, Maroc, Afrique du Sud, Brésil, USA (26 produits, Bayer, BASF, Certis...)
- Pc non inscrit en EU; commercialisé en Amérique, Inde, Afrique, Chine, Portugal, Italie (plusieurs Co.)



✓ Champignons nématophages prédateurs (*Arthrobotrys* spp.)

- non inscrit, non commercialisé depuis les années 90



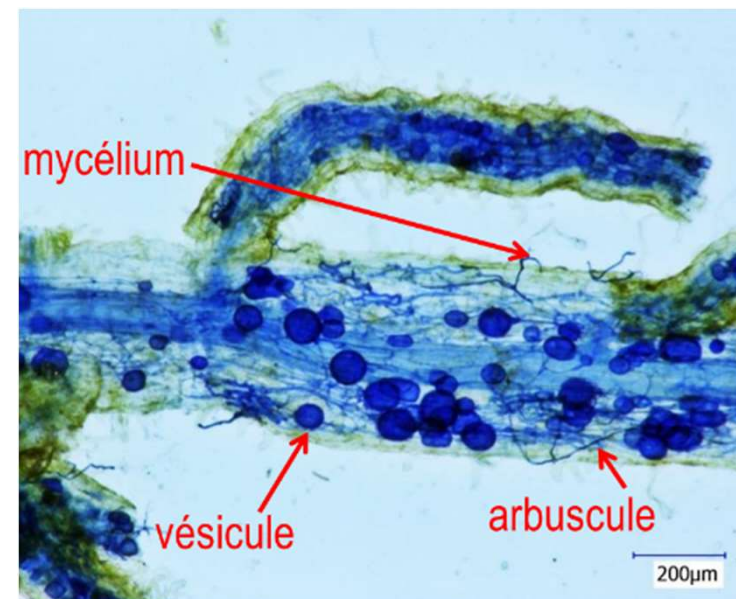
Les agents de biocontrôle

2/ Mycorhizes symbiotiques

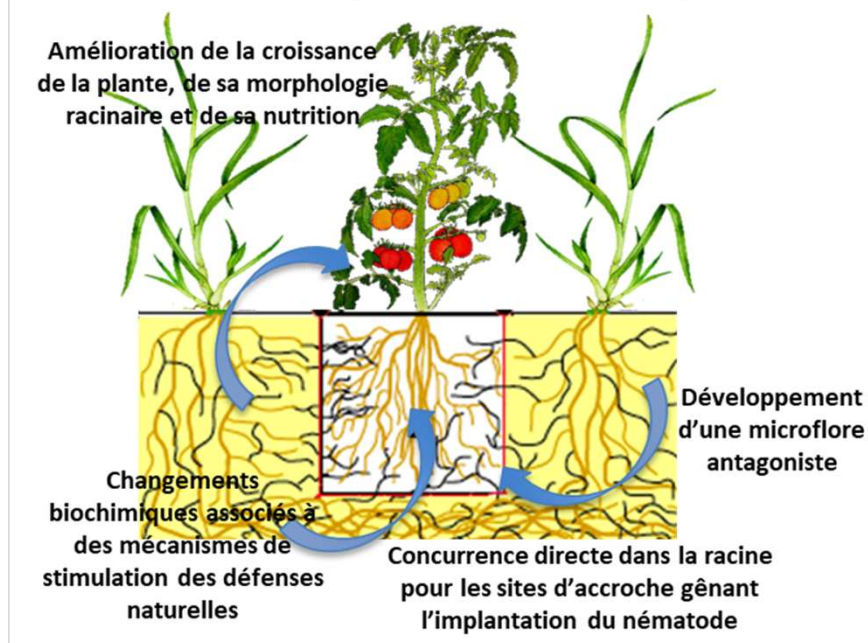
✓ Endomycorhizes à arbuscules ou vésicules

(*Funneliformis mossae*, *Rhizophagus intraradices* & *fasciculatus*, *Glomus tenue*, *Gigaspora margarita*)

- AMM MFSC (matière fertilisante et support de culture)



Effet donneur sorgho -> tomates ou piments



Projet PSPE2 Biocontrôle 'SYSTEMIC'



Projets INRA SMach 'REACTION' & 'MYMYX'



Apprentissage et co-conception d'itinéraires techniques innovants intégrant la mycorhization pour le biocontrôle des BAT

Journée technique CFF
26 avril 2018

Les agents de biocontrôle

3/ Biopesticides naturels

✓ Biopesticides issus de bactéries ou champignons

- **NEMAQUILL/RACINET** d'Arvensis Agro (E) ou Protema Agri (I): AMM MFSC
- **BACTIVA** (*Bacillus subtilis*, rhizobactéries (PGPR) et *Trichoderma* + *Yucca* & algues) de GmbH/TNI : AMM MFSC
Tecnologías Naturales Internacional, S.A.



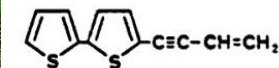
✓ Biopesticides issus de plantes

Aldéhydes, cétones, alcaloïdes, glycosides, glucosinolates, ITC, limonoides, quassinoides, saponines, tannins, acides organiques, flavonoides, quinones, piperamides, polyacétylènes, polythienyls, terpènes, *efficaces in vitro*...

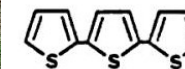
- **NEMGUARD** de Certis, AMM 2016 en bio



- α -terthienyl et bithiényl des exsudats racinaires de tagètes



5-(3buten-1-ynyl)-2,2'-bithienyl



α -terthienyl

- **Tapis Vers** de Biophytec

Extraits de moutarde et piment
-> gaz irritants et piquants
AMM MFSC



- **Kendal Nem** de Samabiol/Valagro AMM MFSC



- **Cucurbitacine B** (*Nemafric*) & **Cucumine + Leptodermine** (*Nemarioc*) commercialisés en Afrique du Sud, **non autorisé en EU**

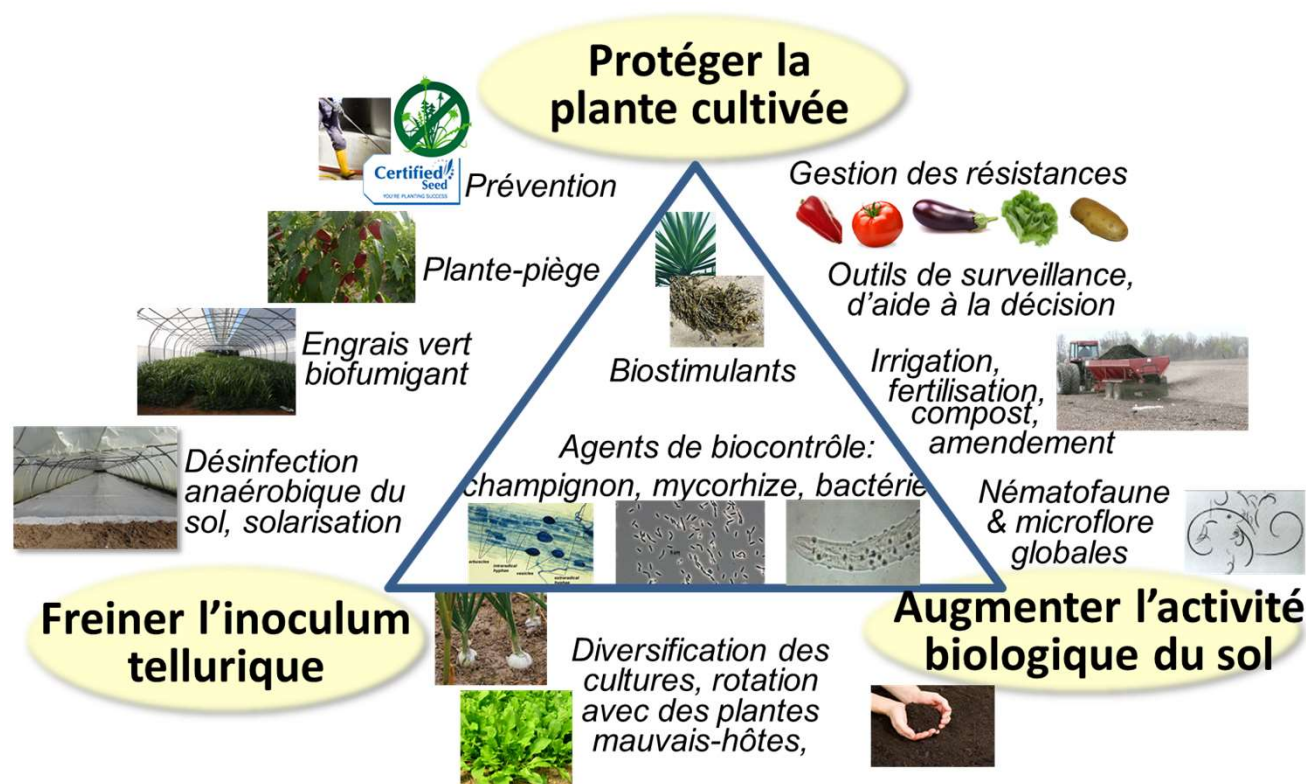


> 200 espèces de plantes 'nématocides':
Djian-Caporalino et al, Biopesticides
d'origine végétale. Lavoisier 2008 &
Enquête publiée en 2011 (Info CTIFL)
remise à jour en 2017

Les nouveaux projets de recherche

« L'approche système » multidisciplinaires et multipartenaires afin de proposer des solutions durables

- ✓ Co-concevoir des systèmes de cultures innovants avec tous les acteurs concernés
- ✓ Prendre en compte de manière plus globale la **santé des sols**
- ✓ Combiner les diverses méthodes de lutte pour **valoriser les synergies entre techniques**
- ✓ S'assurer de leur **faisabilité économique**



Journée technique CFF
26 avril 2018

Merci de votre attention !

Pour plus d'info: caroline.caporalino@inra.fr



Journée technique CFF
26 avril 2018