



Gestion des bioagresseurs telluriques en maraîchage

CONFÉRENCE R&D PACA

26 NOVEMBRE 2024

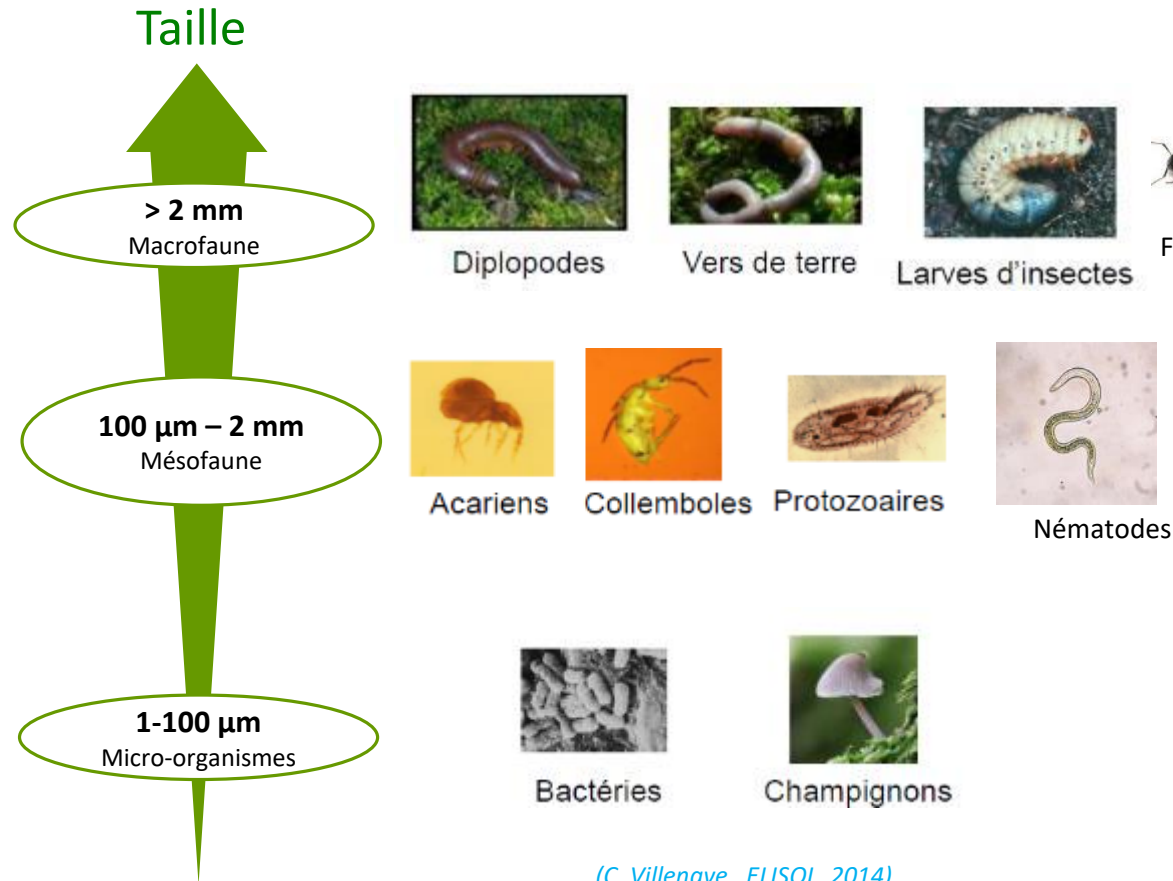
Claire GOILLON - Directrice et chargée d'expérimentation à l'APREL – goillon@aprel.fr

Le sol : un monde invisible et infiniment vivant



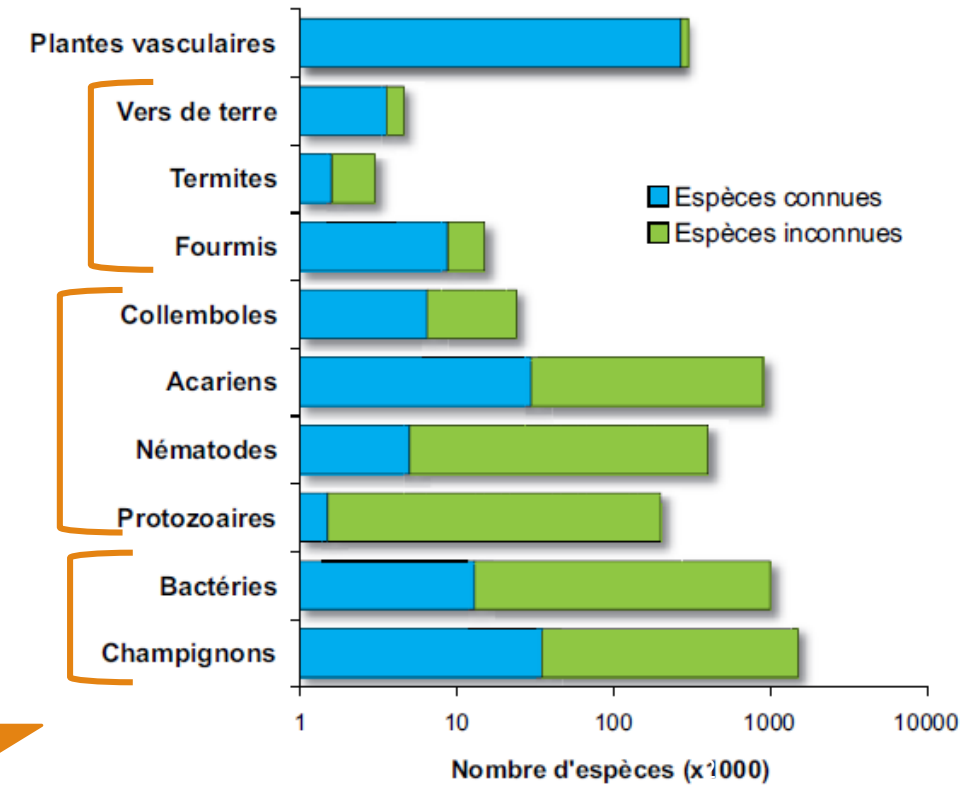
>1 M° d'organismes répartis en plusieurs milliers d'espèces différentes

(La vie cachée des sols, 2010)



(C. Villenave, ELISOL, 2014)

Nombre



(T.Eglin & Co, La vie cachée des sols, 2010)

La biodiversité du sol : une des composantes les moins **connues** et les plus **cachées** de la biodiversité

Le sol : un monde invisible et infiniment vivant

La biomasse microbienne : faible proportion du sol (1 à 10%) par rapport aux particules minérales

Ressource vivante et dynamique qui permet le fonctionnement des écosystèmes

- structuration et distribution des ressources,
- décomposition de la MO pour fournir les minéraux aux plantes
- régulation des populations

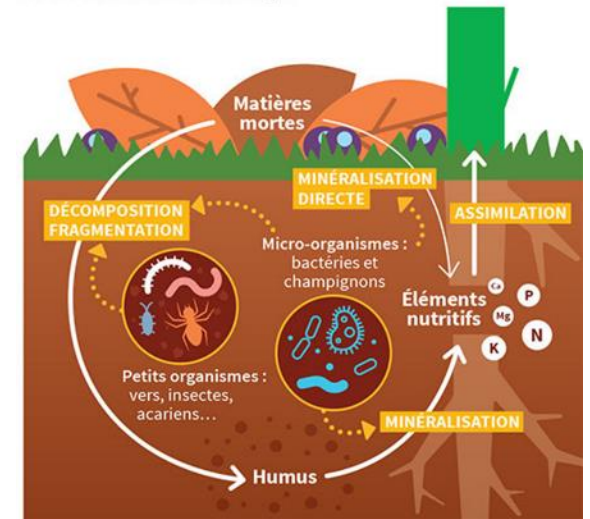
Bioagresseurs telluriques : Micro et macro-organismes comme les autres, qu'on élève sans le vouloir



Les plantes sont attractives pour certains, répulsives pour d'autres
=> Les cultures (plantes en grande quantité souvent répétées)
exercent une pression de sélection sur les organismes

Les bioagresseurs telluriques se développent dans le sol, à l'abri du contrôle visuel => identifiés à partir des dégâts (souvent trop tard)

LE CYCLE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE



Ravageurs de la macrofaune



cloportes



Fourmis



Fourmis



Taupins



Cloporte

Ravageurs de la mesofaune - Nématodes



Maladies liées aux micro-organismes – champignons telluriques







Mobilisation des compétences

Depuis 2009, nombreux projets collaboratifs en réponse à des AAP Casdar, Ecophyto, PEI...

PRABIOTEL (2009-2011) – bioagresseurs telluriques

VASCULEG (2011-2013) – Fusariose, Verticilliose

LILLA (2013-2018) – Champignons sur laitue

ACTIFOL (2020-2022) – Fusariose de la laitue

sur les nématodes à galle

GEDUNEM (2012-2015)

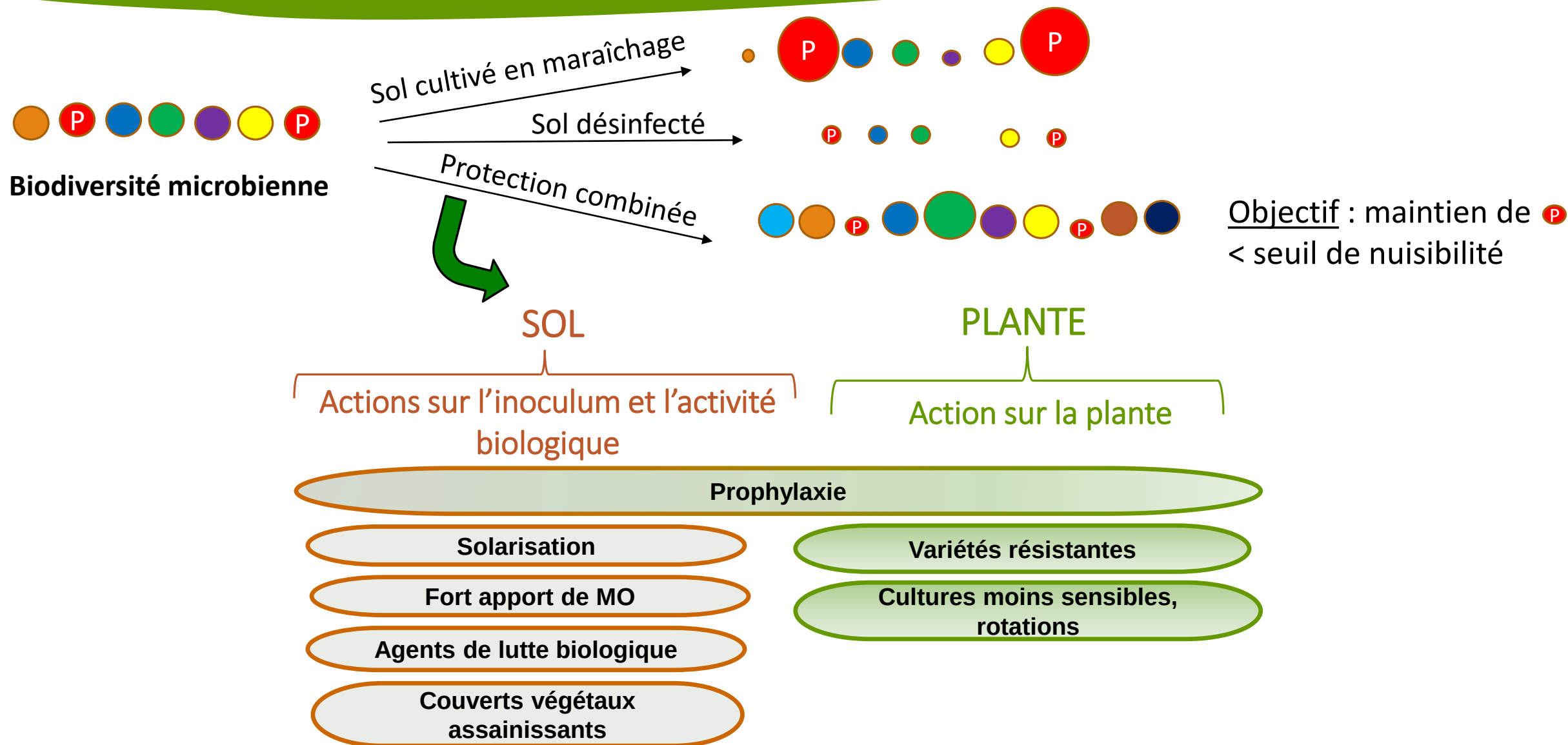
GEDUBAT (2012-2017)

LACTUMEL (2014-2016)

GONEM (2018-2021)



Les méthodes de protection



Avec les contraintes du « monde invisible »

Indicateurs terrain :

- Symptômes sur racines (Indice de galle, nécroses)
- Performances des cultures
- Suivi des conditions du sol (humidité, T°)



Laitue FDCB			
T11			
rang 1	rang 2	rang 3	rang 4
4	4	2	7
6	6	3	1
1	5	7	6
2	1	1	7
1	4	1	4
3	1	2	4
4	8	2	3
2	7	1	3
3	1	7	7

Ex IGR : Notations de 0 à 10
(échelle de Zeck)

Indicateurs labo :

- Quantification des pathogènes cibles
- Quantification des micro-organismes bénéfiques (nématodes libres ou saprophages)
- Biodiversité des espèces (nématodes)
- Analyses de sol physico-chimique



1. Prophylaxie

✓ Eviter de contaminer des parcelles saines

Nettoyage et gestion des outils de travail du sol



Pédiluves



Surchaussures



Utilisation de **semences et plants certifiés, supports de culture sains**



✓ Dans les parcelles déjà infestées : réduire les risques de sur-infestation et de dissémination

Travail du sol des zones saines avant celui des zones infestées



Pas d'arrosage à la raie



Retrait des adventices



amaranthes, morelles, chénopodes, pourpier, rumex... = réservoirs de nématodes à galles, forte multiplication

Retrait de l'inoculum



Décalage des dates de semis ou plantation

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M

Salade sensible

Salade sensible

températures plus fraîches
=> activité des nématodes et champignons réduites

2. Variétés et porte-greffes résistants

Modes d'action :

Direct : gènes de résistance qui bloque le développement du pathogène

Indirect : le greffage apporte de la vigueur aux plantes

Variété 2 résistante Fol4 + Fol1



Variété 1 résistante Fol4 mais pas Fol1

Dégâts apparents
sur la culture :

Plante sensible → Important

Plante tolérante
(résistance intermédiaire) → peu



Plante résistante → Aucun

Reproduction
du pathogène :

Importante

moyenne

Aucune → rare

Non viable à +- court terme

Limites :

Résistances spécifiques (à un pathogène / une souche)

Sélection variétale longue

Contournement de résistance

Indication réseau : greffage

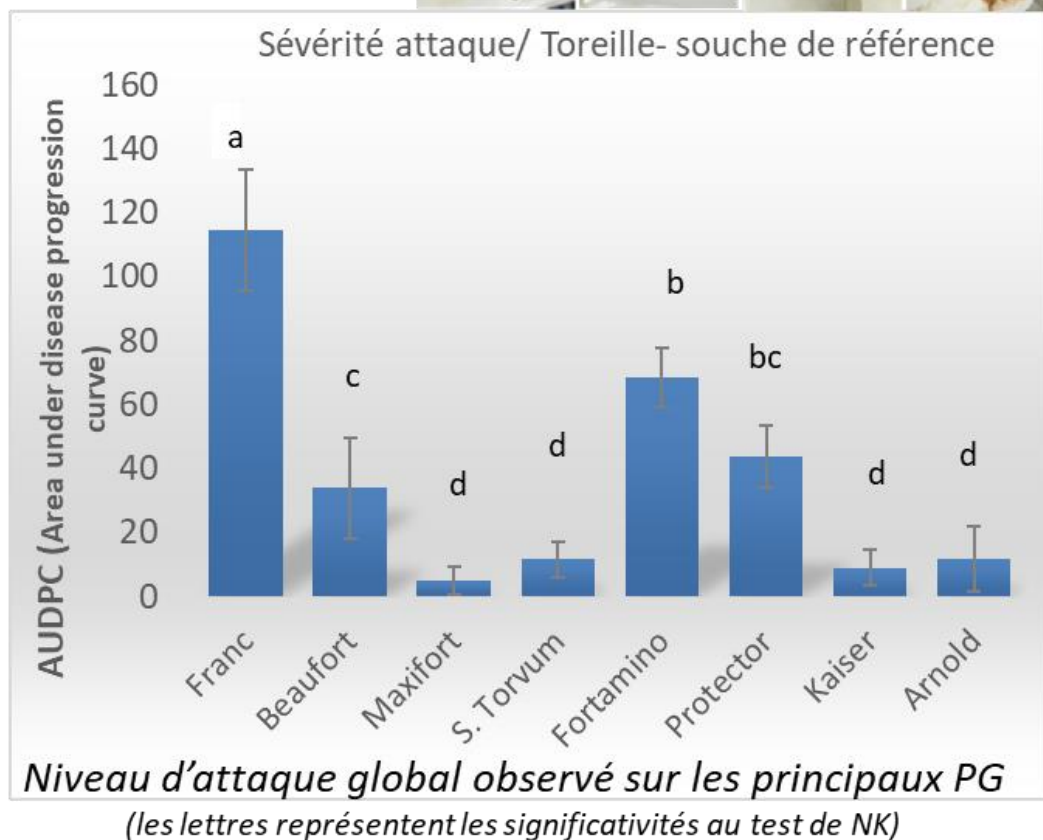
98% tomate

75% aubergine, melon

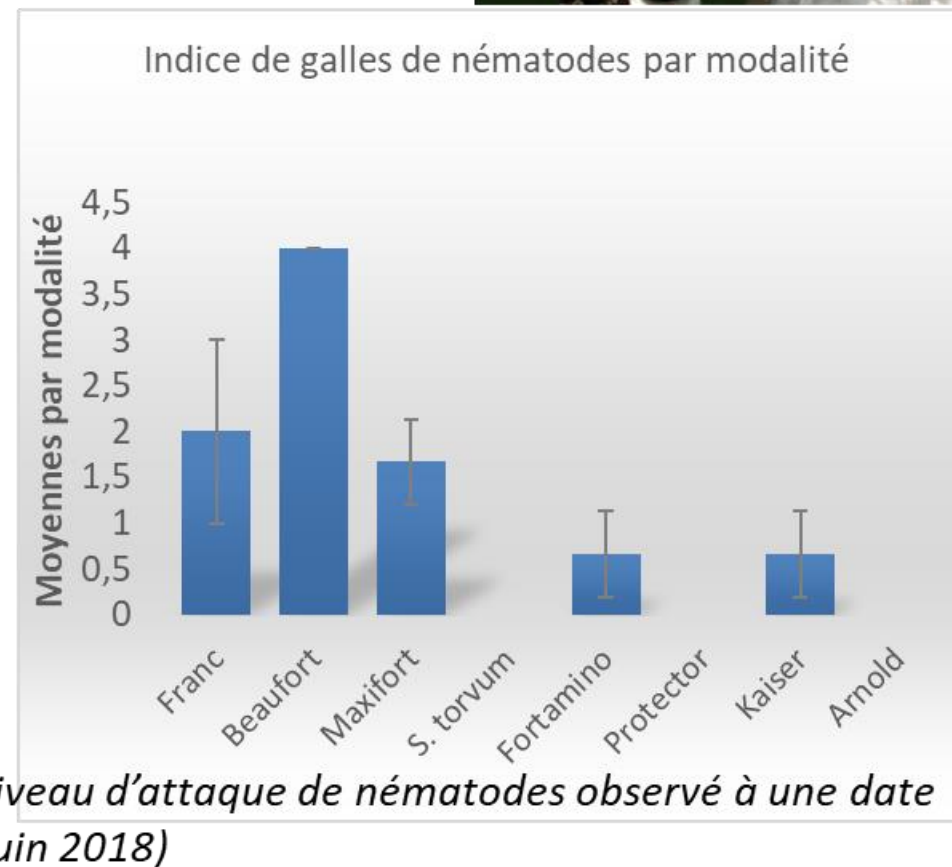
50% concombre

Essai d'évaluation de différentes variétés de porte-greffe en aubergine - CTIFL

Verticilliose



Nématodes (*M.arenaria*)



3. Diversification des cultures

Eviter les successions de cultures très sensibles.

Les **cultures non-hôtes** ou **mauvais-hôtes** freinent le développement des pathogènes = **plantes de coupure**

Cultures mauvaises hôtes de *M. incognita*, *M. arenaria*

Liliaceae				Brassicaceae	Apiaceae	Valerianaceae	Rosaceae
ail	ciboulette	Oignon, cébette	poireau	navet	fenouil	Mâche (Gedunem)	Fraise (Gonem)
							

Hôte de *M. hapla*

Comparaison des indices de galles sur plusieurs cultures

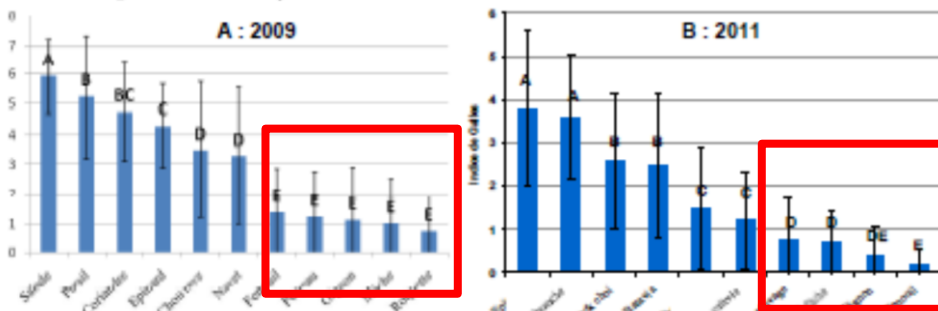


Figure 1 : Moyenne des Indices de Galles (IG) obtenus - A : 3 sites été 2009, B : 2 sites automne 2011
Groupes homogènes de Newman-Keuls, significatif au seuil de 5%

Limites :

Accès à de nouveaux marchés

Peu d'alternative pour les cultures d'été

La sensibilité des cultures dépend des variétés et des genres, espèces, souches de pathogène : **manque de connaissances !**

4. Couverts assainissants

Indication réseau :
35 % des producteurs

1/ Effet indirect : restructuration du sol, favorise la croissance des racines, **concurrence les adventices**, entretien la matière organique, **diversifie les micro-organismes** du sol donc les prédateurs naturels...

2/ Plante de coupure

Frein au développement des pathogènes

- Été : sorgho fourrager, millet perlé, crotalaire
- Printemps : phacélie, radis fourrager, moutarde
- Hiver : avoine...



3/ Plante piège pour les nématodes

Réduction des populations par piégeage

Plante mauvaise hôte détruite impérativement avant la fin du cycle des nématodes (bloque la libération des pontes)

GEDUBAT 2014 => technique du sorgho de 3 semaines en été
Correspond à 380 – 400 °jours

Limites :

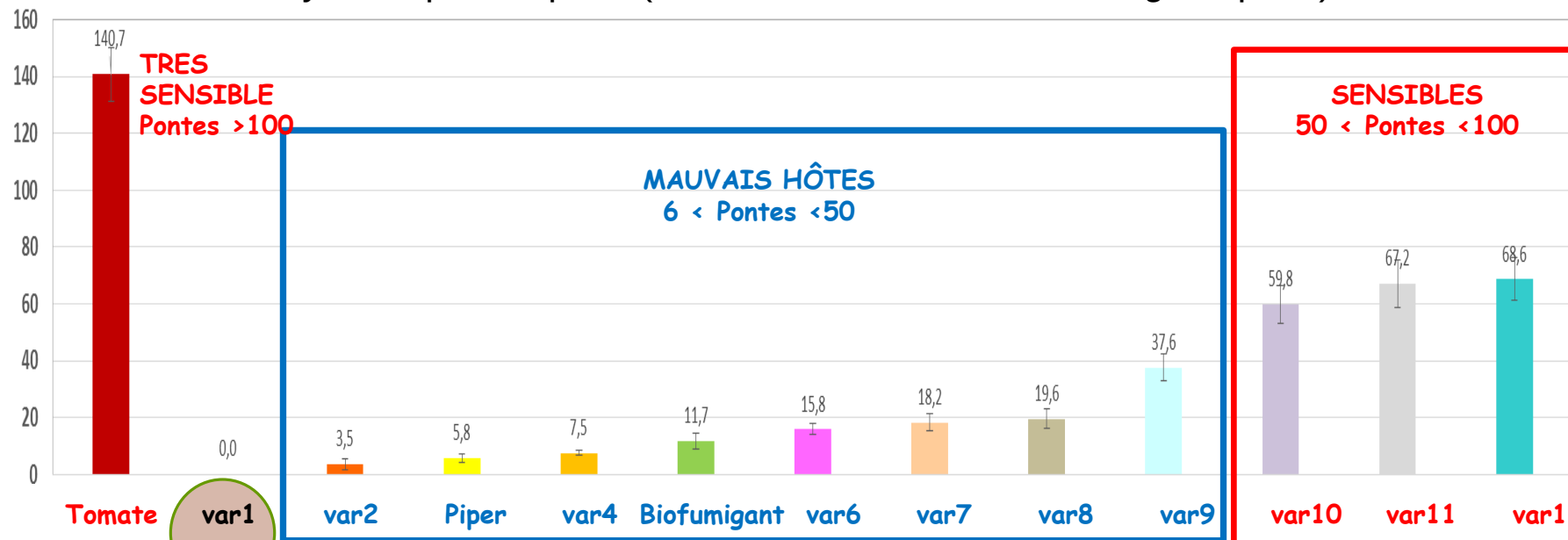
Mobilise les parcelles

Attractivité possible pour d'autres bioagresseurs (punaises, acariens, noctuelles...)

Variabilité importante de la sensibilité des variétés aux nématodes

Exemple pour le sorgho fourrager (GEDUBAT):

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



C. Djian-Caporalino, Centre INRA PACA, UMR ISA, équipe IPN

NON HÔTE
Pontes < 5



Variété non hôte
Utilisable en plante de coupure

La plupart des variétés multiplient les nématodes
Utilisables en plantes pièges
Sorgho de 3 semaines



Plantes sensibles
Utilisation risquée

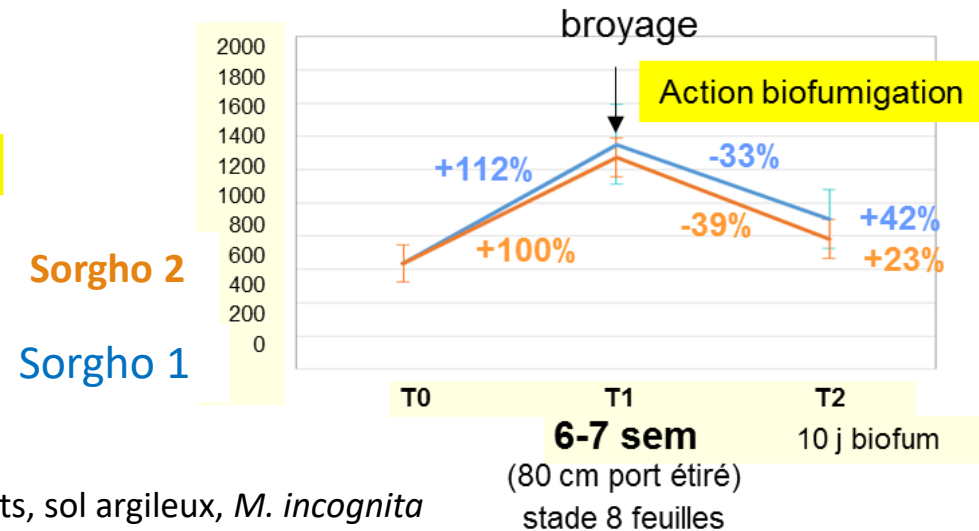
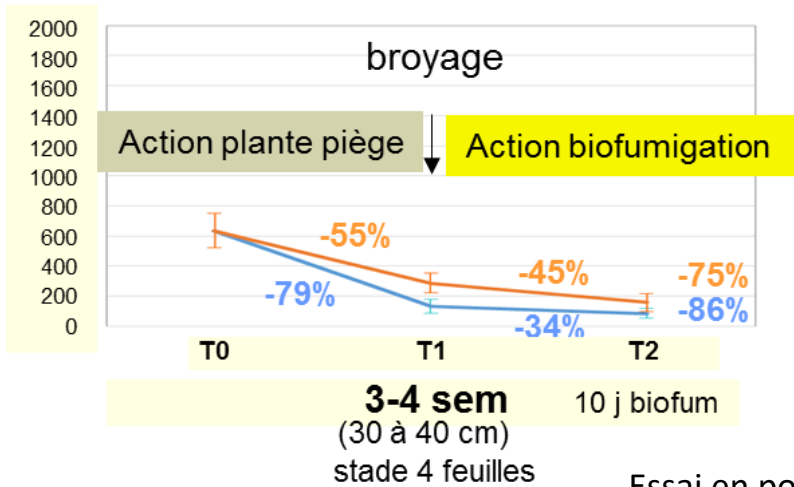
4. Couverts assainissants (2)

4/ Biofumigation : Composés toxiques libérés dans le sol après broyage et enfouissement du couvert

- **Sorghos** riches en dhurrine => cyanure d'hydrogène HCN
- **Crucifères** riches en glucosinolates => isothiocyanates
- **Alliacées** riches en composés soufrés => thiosulfates ou DMDS

Essais INRAE (GEDUNEM 2015-2016) : effet du sorgho broyé à 3 ou 6 semaines

Nb moyen de nématodes par kg de sol (pontes/plant de tomate)



Limites :

Complexité de mise en œuvre au champ : enchaînement des opérations pour piéger les composés volatils

5. Apport massif de matière organique

- ✓ MO animale (fumier cheval, vache, mouton, poule)
- ✓ Composts (déchets verts, résidus de cultures)
- ✓ Tourteaux végétaux de ricin, neem

30-40 T/ha voire plus

> 3 T/ha



Essais GEDUBAT 2012-2018

CTIFL

Maintien d'une faible contamination de *M.hapla*

Modes d'action :

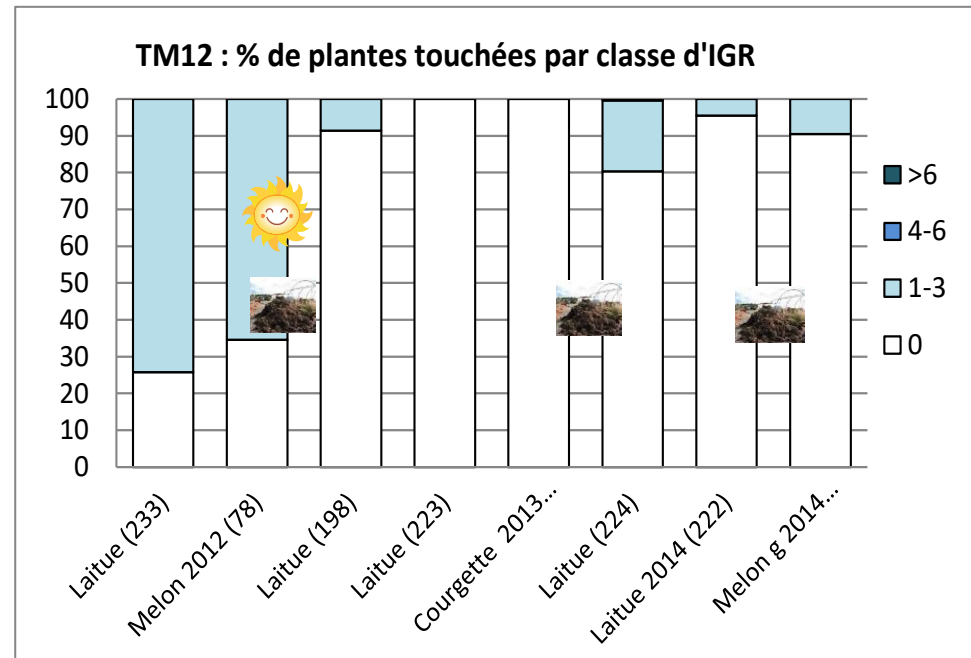
Direct : **libération de molécules biocides** (acides organiques volatils, azadirachtine, nimbine, ricinine)

Indirect :

- stimulation de l'activité et diversité des organismes du sol,
- fertilité du sol, croissance des plantes,
- modification des composantes biochimiques du sol

Limites :

Ressource, équipement d'épandage



6. Solarisation

Indication réseau :
20 % des producteurs

Désinfection thermique du sol. Montée en température sous l'effet de l'eau et du rayonnement solaire
45 j minimum ou 250 h d'ensoleillement > 40°C

Modes d'action :

Direct : Destruction des pathogènes par la chaleur

Indirect : modification des composantes biochimiques du sol et des équilibres biologiques

Efficacité plus importante sur les couches superficielles

Champignons (rhizoctonia, oïdium, fusarium...)

Bactéries (Ralstonia)

Adventices

Nématodes



Limites :

Disponibilité des parcelles en été

Aléas d'efficacité (climat)

Contraintes de mise en œuvre

Sélectionne les adventices thermophiles (pourpier)

Peu durable

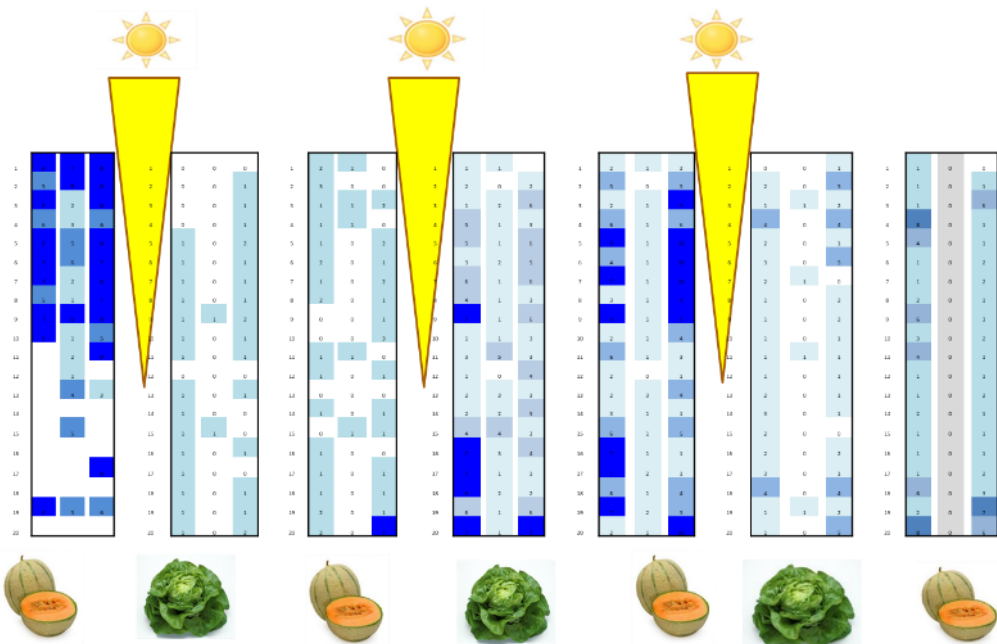


Résultats sur nématodes



Essais GEDUBAT 2012-2018

Variabilité selon les années (climat, mise en oeuvre...)



2012

2013

2014

2015

Action sur les œufs et les larves



Essais GEDUNEM 2012-2016

Efficacité sur rangs centraux de la parcelle
Les bordures restent plus touchées



Courgettes T0 Juin 2009

A	B	C	D	30
				29
8	7	7	8	28
9,5	7	8,5	8	27
8	7	7	7	26
7,5	8	7	8	25
7,5	8	8	8	24
9,5	9	10	9	23
10	10	9	9	22
9,5	8	8	10	21
9	9	8,5	9,5	20
9	9	9	9	19
9	10	9,5	9,5	18
10	8	9,5	9,5	17
9	8	9,5	8	16
				15

Solarisations
été
2009,
2010,
2012,
2014

Courgettes T+7 ans Juin 2016

A	B	C	D	30	
				29	
10	4	4	10	28	
10	3	2	10	27	
10	2	2	10	26	
10	1,5	6	10	25	
10	3	4	10	24	
10	4	3	10	23	
10	1	4	9	22	
9	2	2	9	21	
9	1	1	8,5	20	
8	2	2	9,5	19	
8	1	3	9	18	
10	4,5	1	10	17	
10	4	3	9	16	
				15	

salades sensibles

mâche non hôte



Djian-Caporalino et al., BASE 2019



7. Biocontrôle et autres solutions alternatives

✓ Biopesticides issus de plantes

Extrait d'ail : NEMGUARD de Certis, [AMM 2016](#)

Geraniol, thymol : CEDROZ d'UPL, [AMM 2020](#)

Autres produits en [AMM MFSC](#) : Tanins de châtaigner (Vivagro), Larvasoil (Biodevas)



✓ Biopesticides issus de micro-organismes

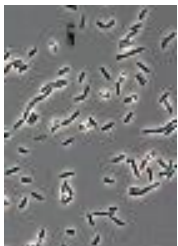
NEMAQUILL (Arvensis Agro), RACINET (Protema Agri) : [AMM MFSC](#)



✓ Micro-organismes parasites, antagonistes

Bactéries

Bacillus subtilis, *B. amyloliquefaciens*,
B. firmus Flocter de BASF ([AMM](#))
Streptomyces



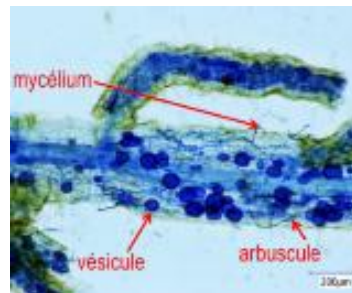
Champignons

Purpureocillium lilacinum 251 BIOACT
PRIM de Bayer ([AMM](#)),
Trichoderma sp., *Clonostachys rosea*



Mycorhizes

([AMM MFSC](#))



Modes d'action « théorique »

Direct : nématicide, fongicide, bactéricide

Indirect : modification du milieu,
antagonisme

Nombreuses références d'efficacité en
laboratoire mais au champ (à ce jour) :

⇒ Aucune sur nématodes

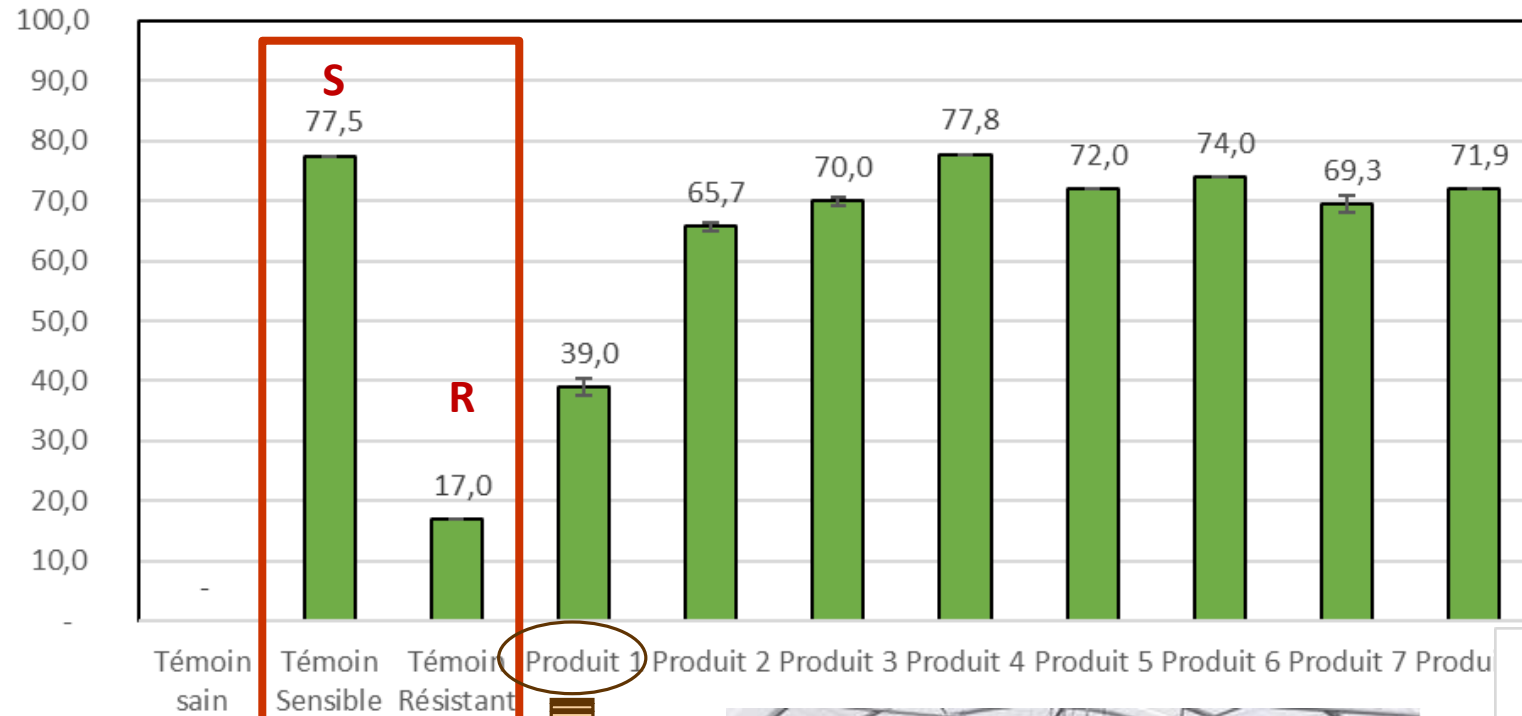
⇒ Quelques unes sur champignons

Faible probabilité de résultats pour ces
applications dans le sol

Limites : Efficacité, Coût

Essais ACTIFOL – GEVES (2021)

Indice de Fusariose (Fol1) observé sur laitues traitées avec 8 produits de biocontrôle

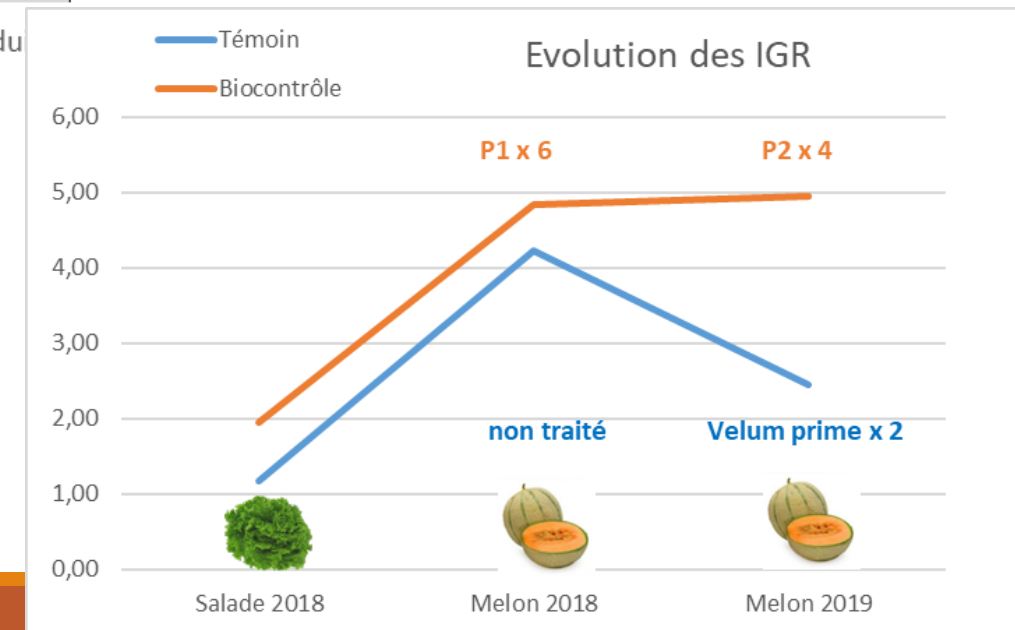


Essais Gonem – APREL (2018, 2019)

Evaluation du biocontrôle contre nématodes

Essai au champ APREL/CTIFL 2021-2022

Pas d'efficacité de P1 sur salade sensible



8. Lâcher d'auxiliaires

NEW !

Nouveau projet MELOMITES

Lauréat de l'**AAP Casdar Connaissances** (2025-2027)

Pilote : **APREL**

Partenaires : INRAE, Evolutive Agronomy, CDDM, GRAB



Elaboration d'une méthode de protection biologique innovante contre nématodes à galles *Meloidogyne*

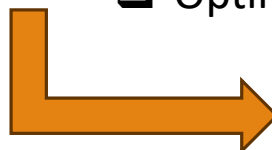


Acarien prédateur des œufs et larves de nématodes *Meloidogyne*

Gestion à l'image de la PBI sur ravageurs aériens

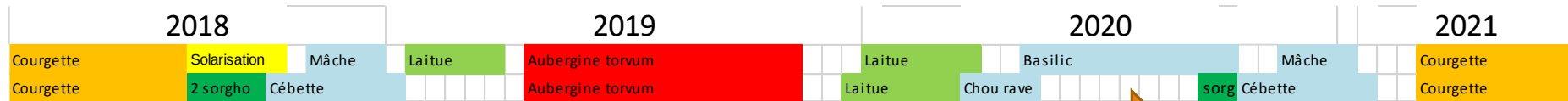
Lâchers en début de culture => réduction de l'inoculum dans le sol

- ☐ Essais en parcelles de production (tomate, aubergine, concombre, melon...)
- ☐ Compréhension des mécanismes de régulation au champ
- ☐ Optimisation dans les pratiques agricoles



Nouvelle solution opérationnelle

GONEM – Essais systèmes



Combinaison des différents leviers

- Matière organique
- Solarisation
- Porte-greffes
- Biocontrôle
- Rotations avec cultures moins sensibles
- Couverts assainissants



Chaque levier seul est insuffisant, mais intéressant si combiné

Meilleure gestion des nématodes pour les systèmes combinant au moins 3 leviers

Résultat transposable aux autres bioagresseurs telluriques (vérifié sur Fusariose)

Et aussi à nous même : « Ensemble on va plus loin ! »



Merci de votre attention



Plus d'informations avec les livrables des projets sur les sites internet des partenaires
www.aprel.fr