

Webinaire de restitution – volet Melon

1^{er} décembre 2022

SYNERGIES

Maîtriser les fusarioses dans les systèmes légumiers (melon et ail) selon la diversité des sols. Proposition de leviers agronomiques et écologiques en SYNERGIE avec les potentialités des contextes pédoclimatiques et des systèmes de culture conventionnels et biologiques



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

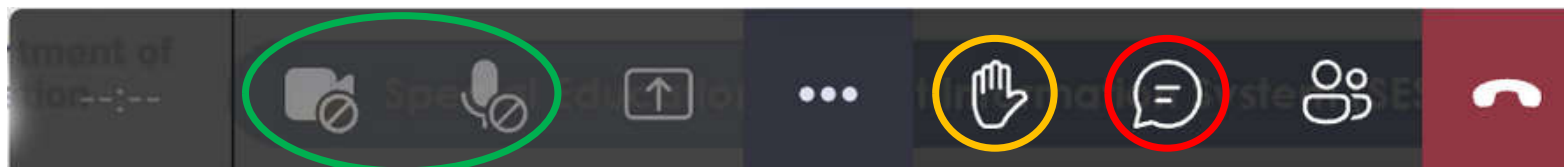
*Liberté
Égalité
Fraternité*



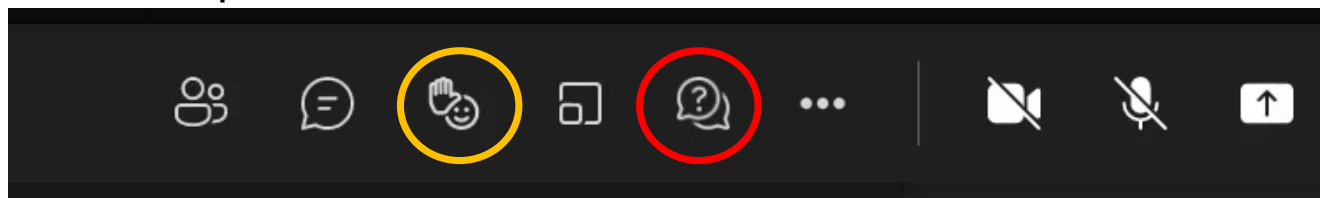


CONSIGNES

- **Attention, ce webinaire est enregistré.** En participant, vous consentez à cet enregistrement
- Durant la partie de présentation, vos micro et caméra sont coupés



- Pour poser vos questions, utilisez le *chat* ou Q&A durant les présentations, elles seront traitées après chacune d'entre elles



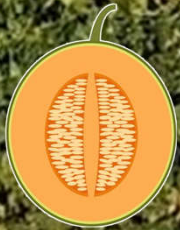
- Pendant la table ronde, levez la main pour prendre la parole



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

 **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Le projet CASDAR SYNERGIES

Introduction

Laure Soucémarianadin
Acta

ACPEL ©





LE PROJET SYNERGIES

Introduction

- SYNERGIES « Maîtriser les fusarioses dans les systèmes légumiers (melon et ail) selon la diversité des sols. Proposition de leviers agronomiques et écologiques en SYNERGIE avec les potentialités des contextes pédoclimatiques et des systèmes de culture conventionnels et biologiques »
- Lauréat AAP CASDAR Innovation et Partenariat 2018
- Janvier 2019 à juin 2022 → décembre 2022

- Porté par l'Acta  **acta** LES INSTITUTS TECHNIQUES AGRICOLES# **Chef de projet**
L. Soucémariadin

Chef de projet adjoint
C. Prigent-Combaret

- 17 partenaires → 2 retraits





LE PROJET SYNERGIES

Introduction

Un projet qui répond aux attentes de l'AAP CASDAR 2018

- Thème 1 : conception et conduite de systèmes de production diversifiés et économiquement viables et basés sur les principes de l'agroécologie en valorisant l'approche systémique visant :
 - à la réduction des intrants (produits phytopharmaceutiques, engrais minéraux, médicaments vétérinaires et antibiotiques), de l'usage de l'eau et des externalités négatives (GES, qualité de l'air et de l'eau) ;



LE PROJET SYNERGIES

Introduction



Des enjeux filières (melon) importants

- Conséquences agronomiques
 - Une production française importante : Melon : France = 3^{ème} producteur européen (1% de la production mondiale)
 - Filière très affectée par la fusariose : tous les bassins de production sont concernés (Sud-Est, Sud-Ouest et Centre-Ouest)
 - Pas de substance permettant le contrôle de la fusariose
- Conséquences économiques :
 - Des pertes de revenus importantes (jusqu'à 100% de pertes au champ)
 - Tension sur les marchés national et européen



LE PROJET SYNERGIES

Introduction

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

Liberté Équité Progrès





La fusariose du melon

- Symptômes : trachéomycose (flétrissement), chlorose, gommose sur tige
- Agent pathogène : *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*
- Maladie tellurique : l'agent pathogène pénètre dans la plante par les extrémités des jeunes racines en croissance et par les blessures. Il colonise ensuite les vaisseaux de la racine puis de la tige





- *Fusarium proliferatum* + ail 
- *Fusarium oxysporum* f. sp *melonis* + melon 

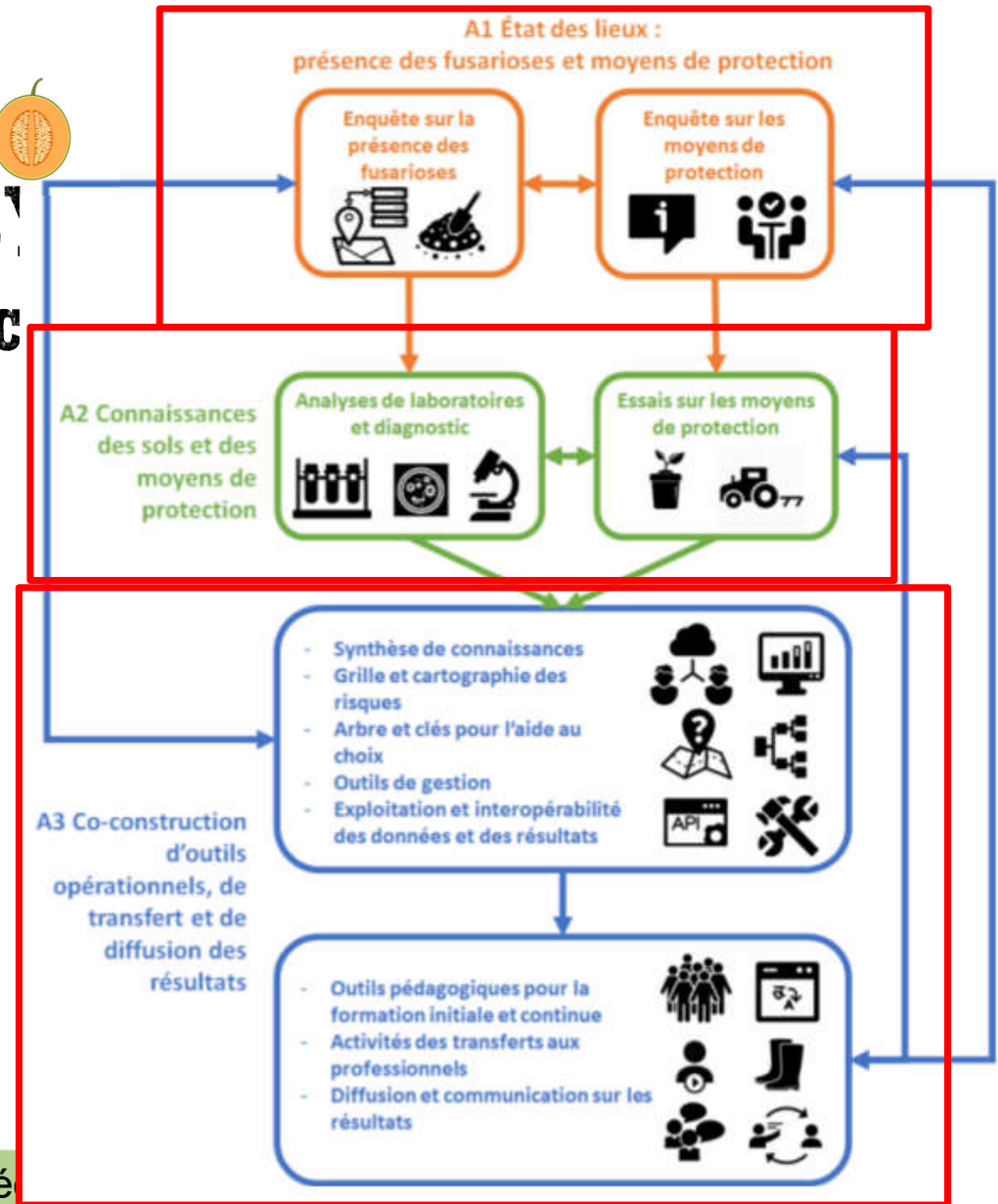
LE PROJET S Introduc

Finalité du projet :

- Gérer les maladies telluriques provoquées par *Fusarium spp.* en culture d'**ail** et **melon** en mobilisant des leviers agroécologiques, en particulier les amendements organiques

Objectifs :

- Améliorer des connaissances sur les déterminants de l'apparition des fusarioses
- Identifier des leviers agroécologiques et moyens de protection efficaces
- Construire des stratégies de protection au moyen de grilles de risque et d'outils d'aide à la décision





LE PROJET SYNERGIES

Les Résultats

- Screening des composts et sélection pour les essais ; Florence ARSONNEAU (FiBL FR)
- Les essais du projet : leviers testés et résultats ; Marie TORRES (CTIFL)
- Autres leviers de lutte contre la fusariose du melon ; Christian Steinberg (INRAE, UMR Agroécologie)
- L'outil d'évaluation multicritères DEXi « Maîtrise du risque *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) en culture de Melon » ; André CHABERT (ACTA)





Screening des composts

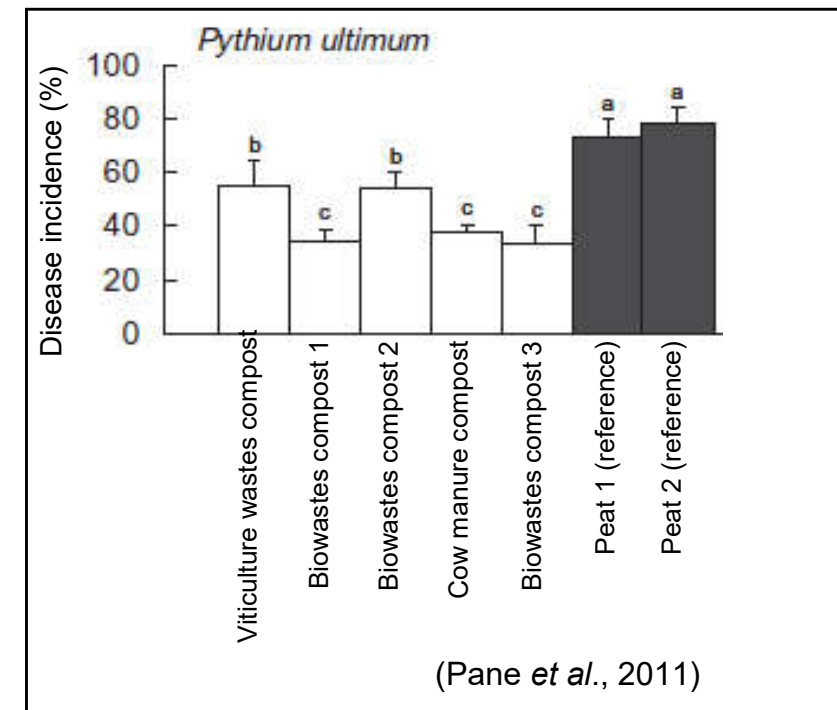
Florence Arsonneau

Webinaire Projet SYNERGIES – Melon

01/12/2022

Contexte de l'étude

- De nombreuses études attestent de l'intérêt de l'utilisation de composts pour limiter l'impact des pathogènes telluriques sur les cultures.
- **Mécanismes directs :**
 - **Suppression générale** (liée à l'activité globale de la microflore, phénomènes de compétition pour l'espace et les ressources nutritives)
 - **Suppression spécifique** (assurée par un spectre étroit d'une ou plusieurs populations spécifiques de micro-organismes bénéfiques, antagonisme, prédation, production de molécules fongistatique ...)
- **Mécanismes indirects** (santé générale des plantes, réduction des stress).
- Connaissances relativement limitées sur *Fusarium proliferatum*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*
- Screening du potentiel suppressif des composts réalisé sur trois pathogènes de référence, mieux connus et étudiés : *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lini*



Matériel & méthodes

- **19 composts** issus de plateformes professionnelles, produits à partir de différents « mix » et méthodes de compostage



Code	Type
A1	Déchets verts
A2	Déchets verts
B	3/4 Déchets verts + 1/4 fumier de volaille
C	Déchets verts
D	Déchets verts
E	Déchets verts
F1	Déchets agricoles et agroalimentaires
F2	Déchets verts
G	Sous-produits industrie agroalimentaire
H	Sous-produits industrie agroalimentaire
I1	Sous-produits industrie agroalimentaire
I2	Sous-produits industrie agroalimentaire
J	Déchets verts
K	Déchets verts
L	Déchets verts
M	Déchets verts + fumiers
N1	Déchets verts + fumiers
N2	Déchets verts + fumiers
O	Déchets verts

Matériel & méthodes

- Caractérisations physico-chimiques & maturité
- 2 laboratoires complémentaires

FiBL France:

MS
 Conductivité
 Salinité
 pH
 Ammonium
 Nitrites
 Nitrates
 MO

AUREA:

Azote Kjeldahl
 Azote Ammoniacal
 Azote Organique
 C/N
 Phosphore
 Potassium
 Ca
 Mg
 S

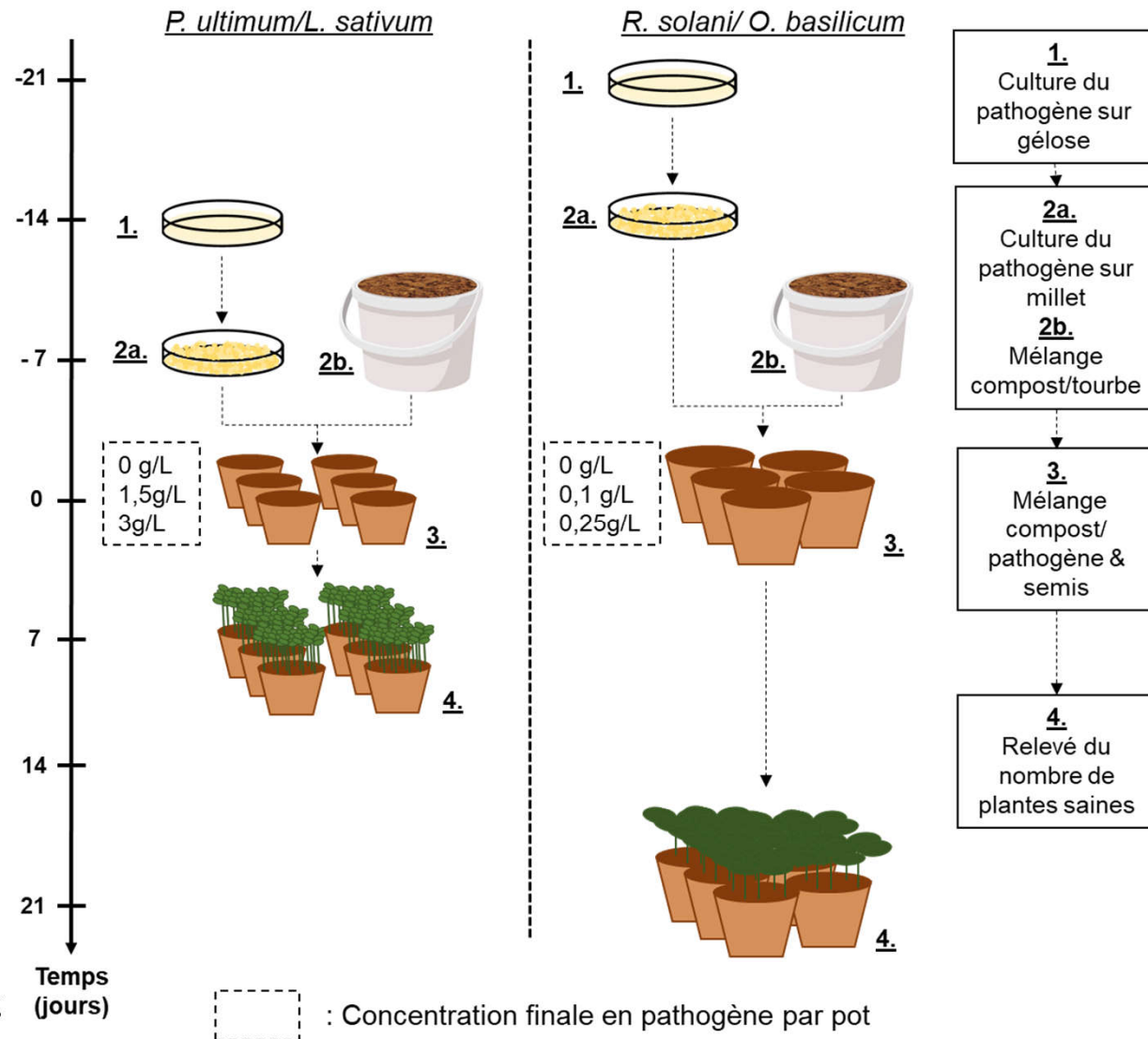


Matériel & méthodes

- Essais en pots et en conditions semi-contrôlées, substrat tourbeux stérilisé
- Doses proches de celles employées en pratique allant de 3% (V/V) à 10% (V/V).

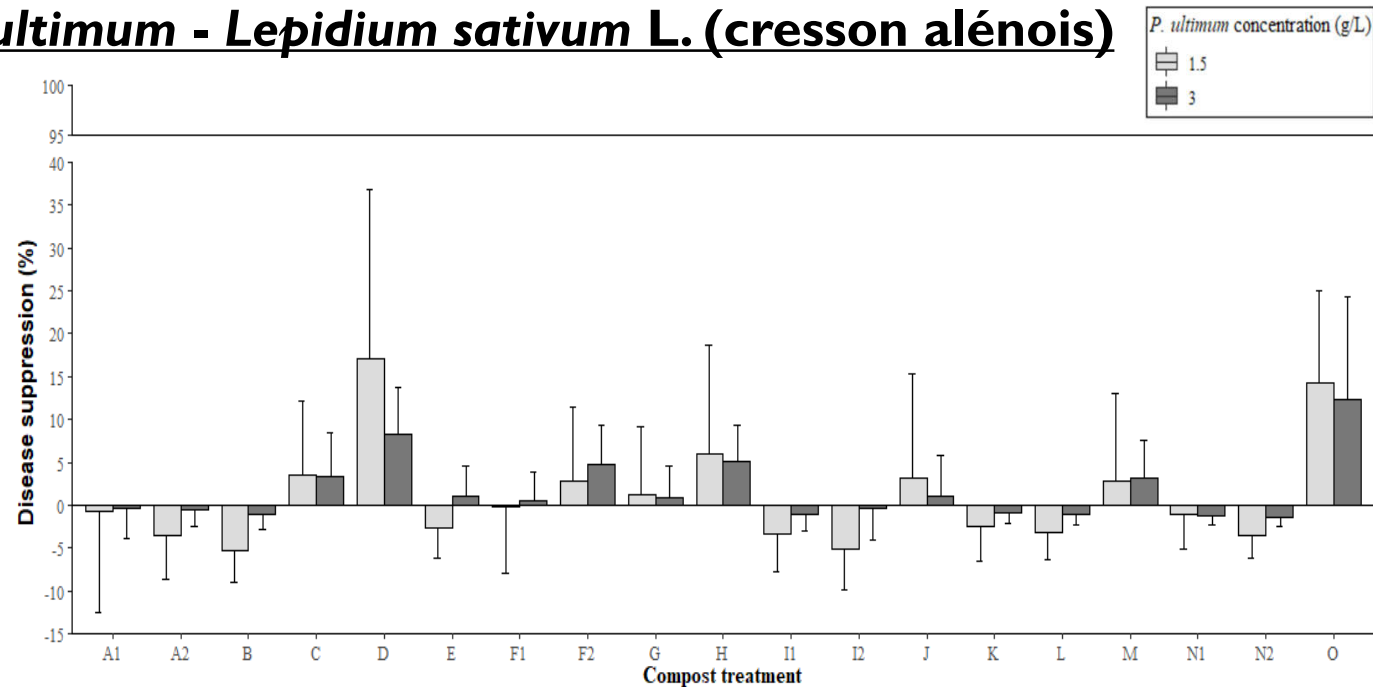
• 3 pathosystèmes :

- *Pythium ultimum* - *Lepidium sativum* L. (cresson alénois)
→ 3 séries avec 6 répétitions par compost
- *Rhizoctonia solani* - *Ocimum basilicum* L. (basilic)
→ 3 séries avec 5 répétitions par compost
- *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lini* - *Linum usitatissimum* (lin cultivé)
→ 3 séries avec 16 répétitions par compost



Résultats

Pythium ultimum - *Lepidium sativum* L. (cresson alénois)

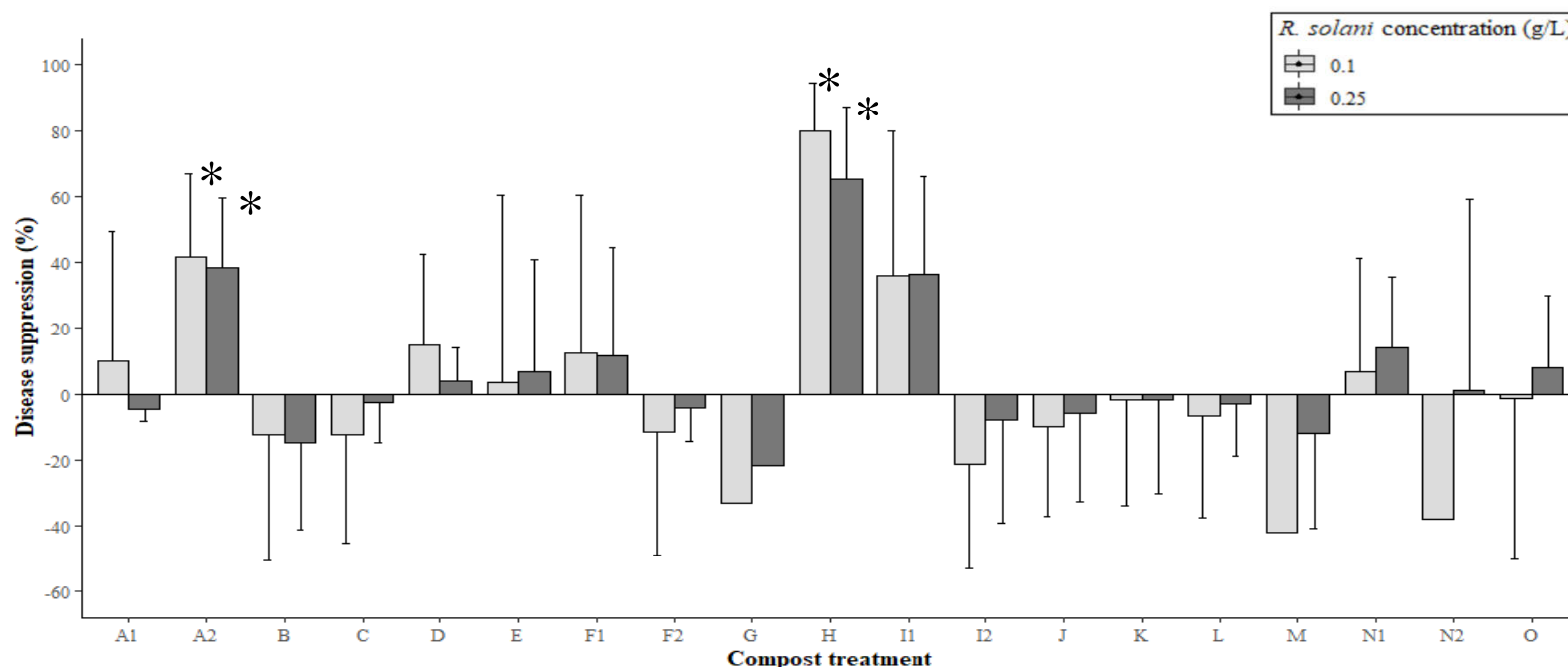


Suppression de *P. ultimum* après incorporation de différents échantillons de composts en substrats tourbeux. Moyennes de suppression rapportées au témoin \pm écarts-types. Deux concentrations en pathogènes (1,5 g/L, 3 g/L).

- **Pas de différences significatives** par rapport au témoin :
 - Faibles doses d'apport ?
 - Trop faible activité biologique induite par les composts ? (non suivi dans le cadre de l'étude).
- **Variabilité importante**
 - Faibles doses d'apport !

Résultats

Rhizoctonia solani - Ocimum basilicum L. (basilic)



Suppression de *R. solani* après incorporation de différents échantillons de composts en substrats tourbeux. Moyennes de suppression rapportées au témoin \pm écarts-types. Deux concentrations en pathogènes (0.1 g/L, 0.25g/L).

- **Suppression significative par les composts A2 et H** (tests des rangs signés de Wilcoxon, seuil = 0,05)

→ Populations spécifiques de micro-organismes bénéfiques ? (non suivi dans le cadre de l'étude)

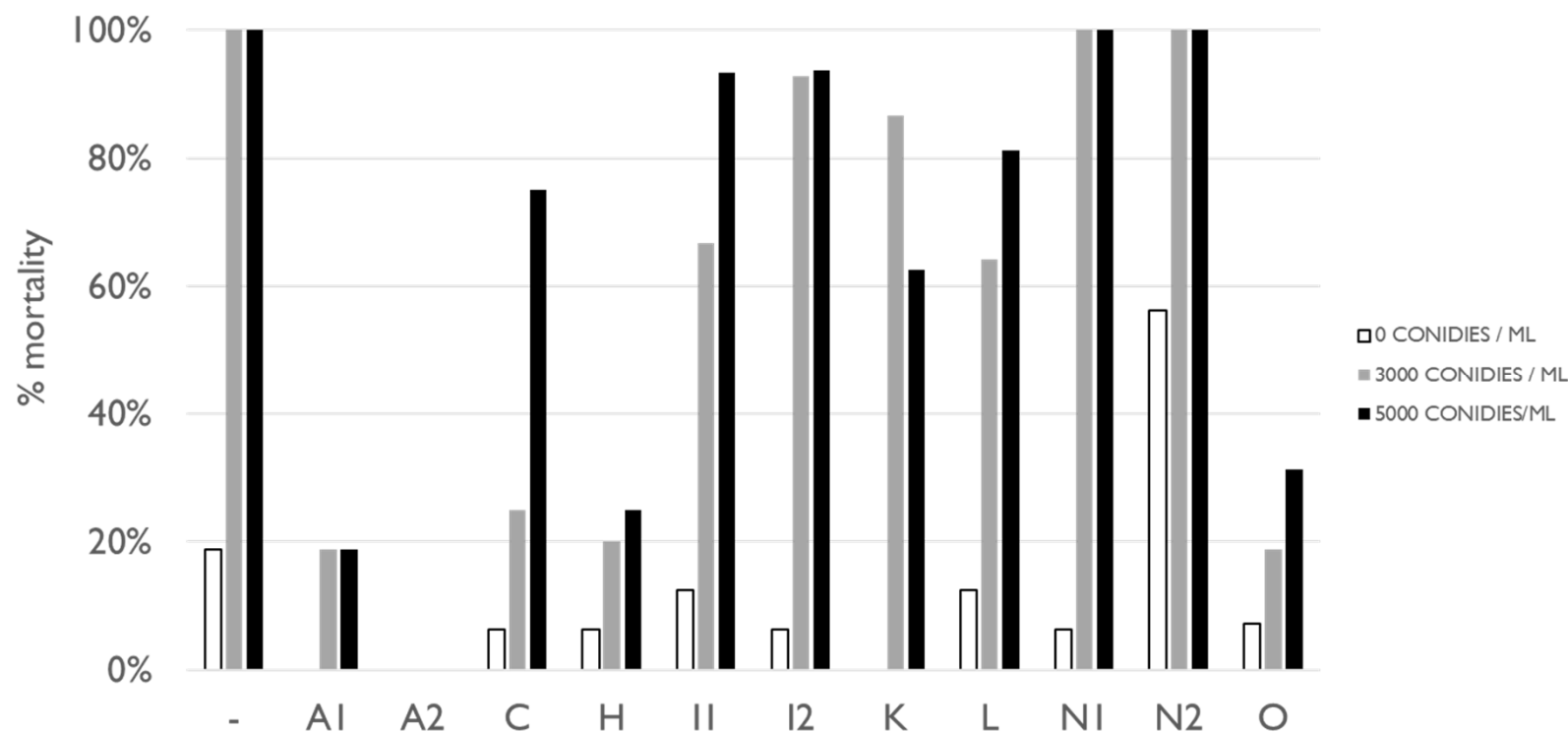
- **Variabilité importante**

→ Faibles doses d'apport !

Résultats

Fusarium oxysporum f. sp. Lini - Linum usitatissimum

Suppressions significatives par les composts A2 et H



Pourcentage de mortalité des plants de lin (n=16) dans un substrat tourbeux additionnés de divers composts, après inoculation à différentes concentrations en conidies de *Fusarium oxysporum* (3 000 et 5 000 conidies/ml)

Fiche analyse compost pour chaque entreprise



Projet CASDAR Synergies.
Évaluation des installation de compostage.

Numéro de la compostière	A
Système de compostage	Phase thermophile de 28 jours en box avec aération forcée (par aspiration). Puis 8 semaines en grands andains (environ 4 mètres de hauteur) sous toit sans aération et sans brassage
Intrants traités	2 filières: déchets verts et déchets alimentaires.
Tonnages annuels des intrants	22'000 t/an de déchets verts (donnent 12'000 t/an de compost); produits provenant de 5 centres collecteurs. Filière séparée: 2'500 t/an de déchets alimentaires (donnent 200t/an de compost)
Grandeur des andains	Box: environ 3,5 mètres de hauteur, andains de maturation et andains de stockage: environ 4 mètres de hauteur
Aération forcée	Oui, pendant phase thermophile (par aspiration 10 minutes par heure)
Machine pour brassage des tas	Au chargeur
Intensité des brassages	Phase thermophile: 3 retournements. Phase de maturation: pas de retournements.
Gestion humidité des tas	Arrosage pour maintenir le compost pendant phases thermophile et de maturation à 50-55% d'humidité.
Protocole température (temp. max.)	Pendant phase thermophile. Température atteinte: en moyenne 70°C
Durée du processus produit de base (durée phase thermophile, durée phase maturation).	Compost agricole (20 mm) 3 mois. Compost pour privés (20 ou 10 mm): 7 mois
Types de produits proposés et prix	Compost agricole 20 mm Compost pour privés 20 mm Compost pour privés 10 mm
Produits avec autorisation bio ?	oui
Concept assurance qualité	Suivi température et pH pendant le processus. Analyses complètes des composts 6x par année.

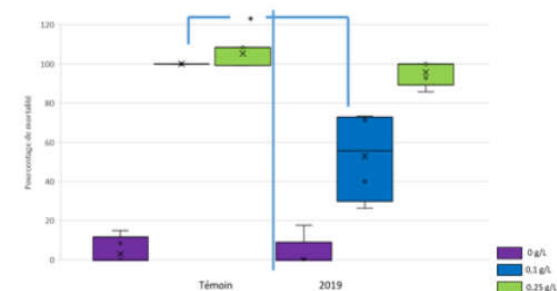
		Date d'entrée	20/05/2019
Paramètres physico-chimiques			
Humidité	%		33,9 ± 2,7
Matière sèche	%		66,1 ± 2,7
Matières minérales	% (MF)		37,2
Matières organiques	% (MF)		27,9
Carbone organique	% (MF)		14,017
Conductivité	µS/cm		1,5 ± 0,3
Teneur en sel	KCl équivalent (g/100g MS)		13,33 ± 2,58
pH			7,47 ± 0,21
Valeurs azotées			
Azote Kjeldahl	%N (MF)		1,07
Azote ammoniacal	%N (MF)		<0,0288
Azote organique	%N (MF)		1,07
Rapport C/N			13,1
MO/N organique			26,07
Ammonium (NH ₄)	mg/kg (MS)		12,86 ± 6,73
Nitrite (NO ₂ -)	mg/kg (MS)		<0,5 ± 0
Nitrate (NO ₃ -)	mg/kg (MS)		555,53 ± 117,17
Éléments majeurs			
Phosphore (P ₂ O ₅)	g/kg (MF)		6,2
Potassium (K ₂ O)	g/kg (MF)		11,9
Calcium (CaO)	g/kg (MF)		40,6
Magnésium (MgO)	g/kg (MF)		5,5
Soufre (SO ₂)	g/kg (MF)		3,4
Sodium (Na ₂ O)	g/kg (MF)		0,54

Tableau 1 : Caractérisation de la valeur agronomique du compost.

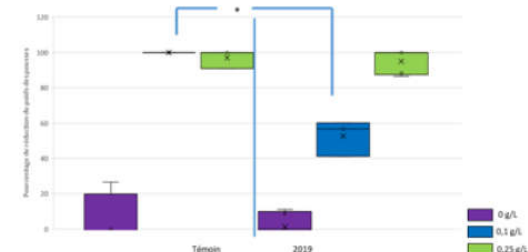
		1
Test cresson ouvert	(% de référence)	21
Test cresson fermé	(% de référence)	16,2
Teneur en sel	KCl _{eq} (g KCl/100g MS)	13,33 ± 2,58
Concentration à utiliser	(v/v)	5%

Tableau 2 : Valeurs des essais de phytotoxicité du compost.

Rhizoctonia solani :



Graphique 3 : Pourcentage de mortalité des pousses en présence de concentrations croissantes de Rhizoctonia (0 ; 0,1 et 0,25 g/l de Rhizoctonia solani ; * : p<0.05).



Graphique 4 : Pourcentage de réduction du poids des pousses en présence de concentrations croissantes de Rhizoctonia (0 ; 0,1 et 0,25 g/l de Rhizoctonia solani ; * : p<0.05).

Choix des composts pour les essais en pots et au champ

La sélection des composts a été effectuée sur la base de divers critères tels que :

- Des effets suppressifs visibles sur les pathogènes testés en laboratoire
- La qualité du processus de compostage
- L'implication et la motivation au projet des partenaires des compostières
- La diversité de provenance des matières premières compostées

Essais 2020



Début 2020, toutes les analyses ne sont pas terminées, choix de composts sur informations partielles,

Compost B : compost de mélange de **déchet vert et fumier de dinde**, produit dans la Drôme par une entreprise de recyclage de matières organiques

Compost C : compost de **déchets verts**

Melon - 2020



Nous prenons comme référence un apport de **24 unités de P₂O₅**, correspondant à une fumure de fond pratiquée sur la station expérimentale de Sud Expé,

Adaptation nécessaire, car les quantités de P₂O₅ sont très différentes entre les composts. Puis adaptation du plan de fumure pour égaliser les apports.

	Compost B	Compost C
% Matière Sèche	51,2	48,2
% Humidité	48,8	51,8
Quantité de Compost à apporter	12,54	18,77
Phosphore: kg / T de MS	10,9	2,3
Phosphore: Kg / T de MF	5,6	1,1
Quantité de Phosphore apportée par le compost (en Kg/ha)	70	21
Fertilisation Phosphore (en plus / en moins du compost)	0	3
Potasse: kg / T de MS	15	3,6
Potasse: Kg / T de MF	7,7	1,7
Quantité de potasse apportée par le compost (en Kg/ha)	96,3	33
Fertilisation azotée (en plus du compost, lors de la fumure de fond)	42	105
Azote minéral: kg / T de MS	2,34	0,0185
Azote minéral: Kg / T de MF	1,20	0,0089
Quantité d'azote apportée par le compost (en Kg/ha)	15	0,17
Fertilisation azotée (en plus du compost, lors de la fumure de fond)	21	36

ACPEL : N=46, P=46, K=23

Sud Expé: N=66, P=70, K=196

CTIFL (pots): N=15, P=70, K=96

Melon - 2021



Tous les résultats des tests suppressifs sont disponibles.

Compost H : compost de **Marc de café, pulpe d'olive, feuilles de vigne, marc d'œillette, pulpe de raisin** (produits achetés), produit dans le Tarn par une entreprise d'Engrais

Compost A2: déchets verts

La quantité de composts : calculés sur la base d'un même apport de C/N et avec un apport de 120U d'azote/Ha

Compost	H	A2
Date d'analyse	14/01/2020	24/07/2019
% Matière Sèche	50,7	67,9
% Humidité	49,3	32,1
% C org sur MF	20,56%	21,60%
% C org sur MS	40,55%	31,81%
Phosphore: kg P ₂ O ₅ / T de MS	16,68	4,4
Potasse: kg K ₂ O / T de MS	25,35	9
Azote total kg / T de MS	27,76	9,84
Azote total (%) MS	2,78	0,98
rapport C/N du compost	14,61	32,33
Qté de compost apporté (en T/Ha)	8,5	8,12
Quantité de Phosphore (potasse) apporté par le compost (en kg/ha)	72	24,26
Quantité de potasse apportée par le compost (en Kg/ha)	109	49,62
Quantité d'azote apportée par le compost (en Kg/ha)	120	54,25

Contact



Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL)

FiBL France

Pôle Bio – Ecosite du Val de Drôme

150 Avenue de Judée

26400 Eurre, France

+33(0)4 75 25 41 55

info.france@fibl.org

www.fibl.org



SUDEXPÉ



Synergies - Des leviers pour limiter la fusariose en culture de melon

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Marie Torres, CTIFL

Jean-Michel Lhote, ACPEL

Céline Forzani, SUDEXPE

Quelques éléments de contexte

- Bibliographie est riche concernant l'efficacité de leviers agroécologiques contre Fom
 - Apports de composts, utilisation d'engrais verts, BRF, microorganismes bénéfiques, solarisation et biodésinfection, rotations culturales...
 - Influence de facteurs abiotiques
- Mais des essais antérieurs démontrent que ces techniques prises isolément ...
 - => ne suffisent pas à contrôler l'inoculum pathogène
 - => ne fonctionnent pas dans toutes les situations

Objectifs de ces essais est donc de:

1. Comparer le potentiel des composts dans différentes matrices de sol
2. comprendre l'effet de la fertilisation sur le développement de la fusariose,
3. Évaluer des stratégies de protection en conditions contrôlées, et les valider au champ





DES ESSAIS PRÉLIMINAIRES EN CONDITIONS CONTRÔLÉES

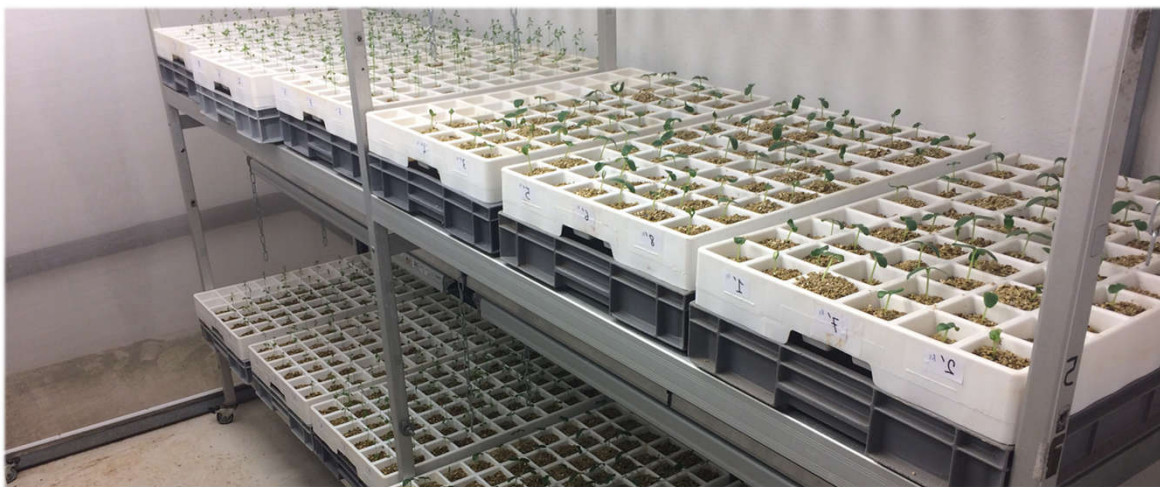
1 – POTENTIEL DES COMPOSTS DANS DIFFÉRENTES MATRICES DE SOL

21/02/2023

Webinaire de restitution Synergies

3

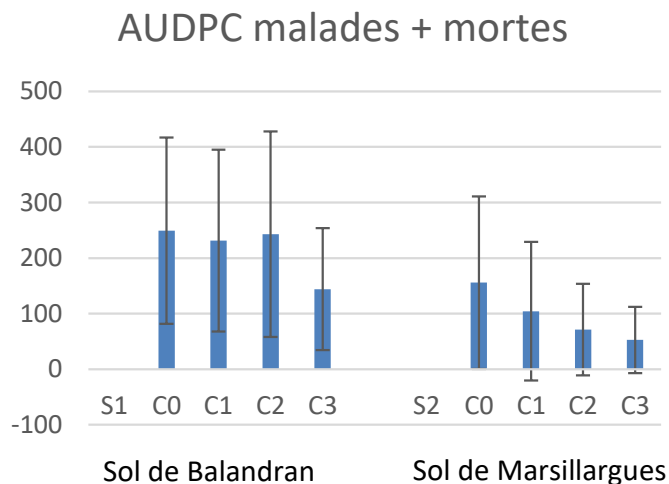
Quelques éléments de protocole



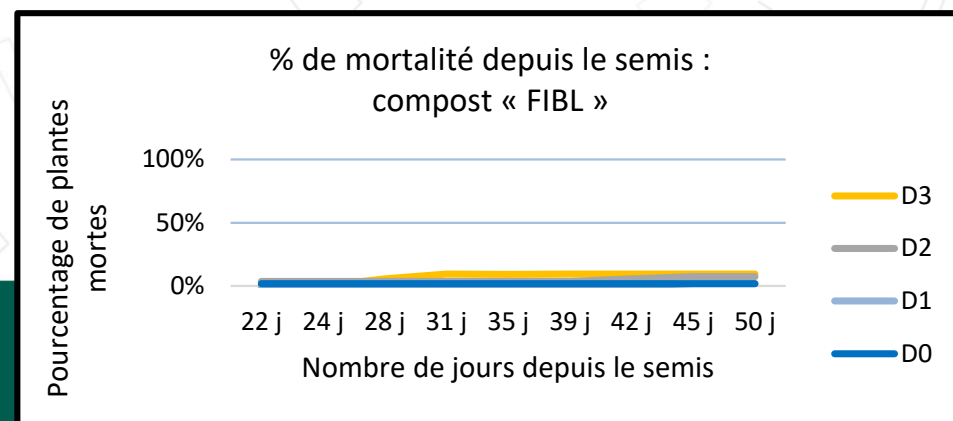
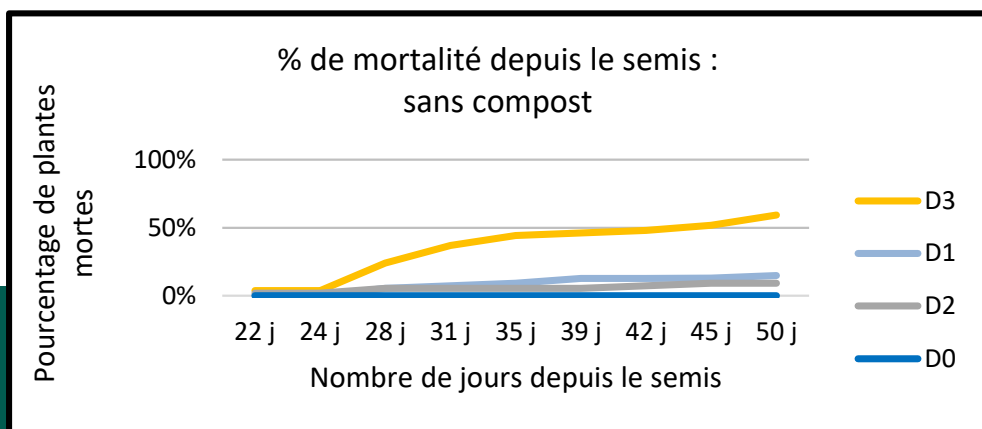
Facteurs	Modalités	Codes identification :
2 Sols	Balandran	S1
	Marsillargues	S2
4 Substrats	Sol seul = Témoin	C0
	+ 10% Tradivert	C1
	+ 10% Marc de raisin	C2
	+ 10% « FIBL »	C3
4 doses d'inoculations	Eau seule	D0
	1 000 conidies/mL de sol	D1
	3 000 conidies/mL de sol	D2
	10 000 conidies/mL de sol	D3

Résultats

- ⇒ Des différences de sensibilités naturelles
- ⇒ Des différences « d'efficacité » entre les composts
- ⇒ Le compost « FIBL » semble limiter les mortalités quel que soit la matrice sol utilisée



Significativité des résultats





DES ESSAIS PRÉLIMINAIRES EN CONDITIONS CONTRÔLÉES

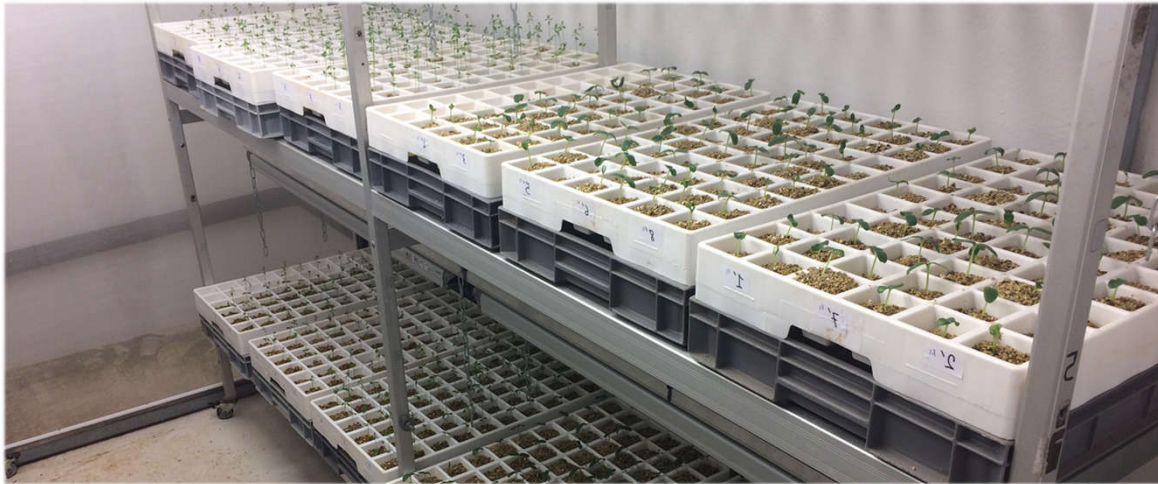
2 – EFFET DE LA FERTILISATION ET DE LA MYCORHIZATION

21/02/2023

Webinaire de restitution Synergies

6

Quelques éléments de protocole



2 formes d'azote privilégiées :

- Forme nitrate NO_3^- (via l'apport d'ammonitrate)
- Forme ammoniacale NH_4^+ (via l'apport d'urée)

3 doses d'apport : 80, 150, 200 unités d'azote

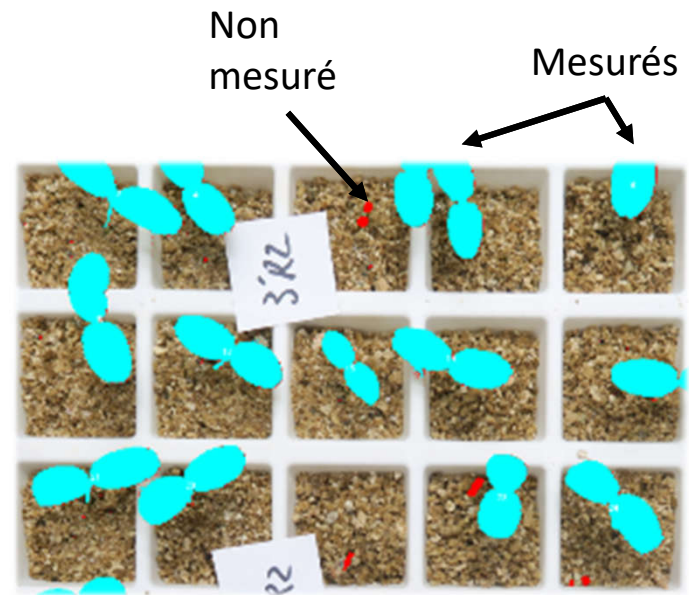
+ **champignon mycorhizien**
Glomus intraradices



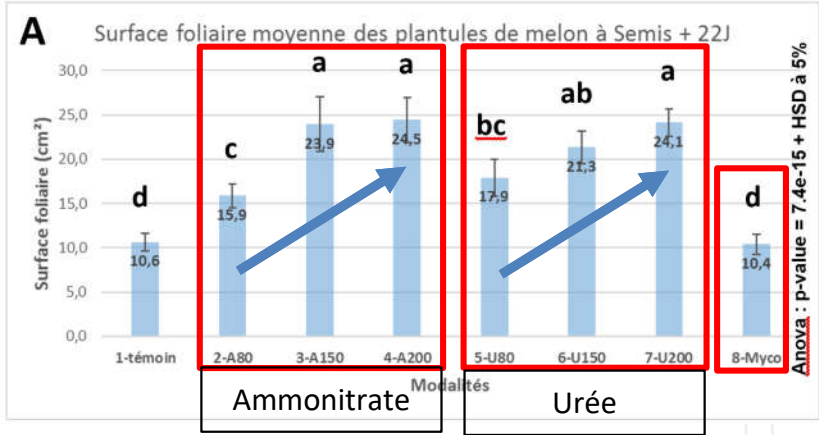
Matériel et méthode

Observations et mesures :

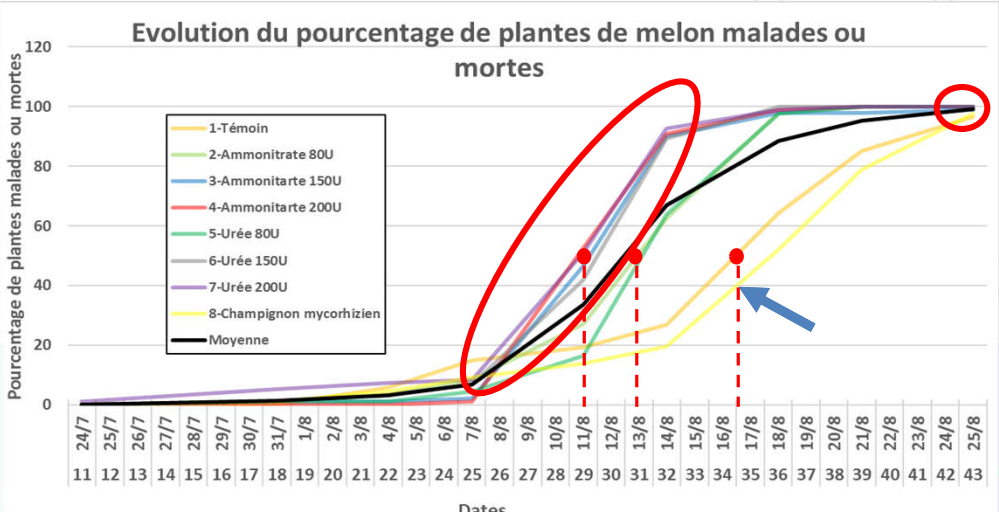
- Notation des plants fusariés (sain, malade ou mort)
- Hauteur des lins
- Surface foliaire des melons



Suivi du développement des plants de melon, mortalité



- Effet net de la fertilisation
- Pas d'effet de la mycorhization sur la croissance des plantes



- Les modalités fertilisées sont malades plus rapidement → Courbes en S plus pentu.
- Et points d'inflexions plus tôt.
- 100% de plantes malades ou mortes en fin d'essai.
- Attaque légèrement retardée grâce au champignon mycorhizien mais non significatif.





Discussion et conclusion

Discussion :

- Effet négatif de l'azote quelque soit la forme et la dose.
- Pas forcément en accord avec la bibliographie (effet + du nitrate et – de l'ammoniaque). → Peut provenir de la trop forte sensibilité des melons qui masque l'effet des formes d'azotes.
- Il semblerait que les différences observées proviennent uniquement d'effet du fertilisant sur plante ou sur les micro-organismes du sol et non sur le pathogène (Huber & Watson, 1974).
- Les symptômes progressent plus vite sur les modalités fertilisées → métabolisme plus « gourmand » ?

Conclusion

- Eclaircissement des résultats obtenus dans l'essai Synergies en pots.
- La dose d'azote apportée a un effet sur l'évolution de la maladie.
- La forte mortalité observé chez les plants vigoureuses en début d'essai dans les modalités Biofence + antagonistes peut donc provenir de l'effet fertilisant des pellets (à confirmer avec les identifications microbiennes).

Conclusions intermédiaires

- Un effet partiel de certains composts
- Un effet partiel de la mycorhization
- Tout en tenant compte de la fertilisation



3. EFFICACITÉ DE COMBINAISONS DE LEVIERS

=> DES ESSAIS EN POT

Modalités testées



➤ **2 SOLS connus** pour leur sensibilités aux fusarioses.

⇒ Sol de Balandran

⇒ Sol de Lansargues, issu d'un prélèvement producteur

➤ **5 LEVIERS**

⇒ Compost 1 seul (Fumier de dinde +DV)

⇒ Compost 2 seul (DV)

⇒ Compost 2 (DV) + Un produit antagoniste Bactiva, complexe de plusieurs bactéries et champignons ayant des effets connus sur *Fusarium oxysporum* (*trichoderma sp.*, *bacillus sp.*, *Pseudomonas sp...*) .

⇒ Compost 2 (DV)+ Un produit mycorhizien contenant des spores de *Glomus intraradices*.

⇒ Un produit de biofumigation (pellets de *Brassica carinata* à incorporer au sol avant plantation) suivie d'un apport d'antagonistes Bactiva

Bactiva

COMPOSITION

Trichoderma viride	Min : 200 000 UFC/g Max : 200 000 UFC/g
Trichoderma reesei	Min : 200 000 UFC/g Max : 200 000 UFC/g
Trichoderma harzanium	Min : 100 000 000 UFC/g Max : 100 000 000 UFC/g
Trichoderma harzanium	Min : 200 000 UFC/g Max : 200 000 UFC/g
Gliocladium virens	Min : 200 000 UFC/g Max : 200 000 UFC/g
Bacillus subtilis	Min : 15 000 000 UFC/g Max : 15 000 000 UFC/g
Bacillus subtilis	Min : 79 000 000 UFC/g Max : 79 000 000 UFC/g
Bacillus polymyxa	Min : 6 000 000 UFC/g Max : 6 000 000 UFC/g
Bacillus megaterium	Min : 650 000 UFC/g Max : 650 000 UFC/g
Pseudomonas fluorescens	Min : 7 000 000 UFC/g Max : 7 000 000 UFC/g
Oxyde de potassium (K2O)	Min : 0,7 % Max : 0,7 %
Azote total	Min : 0,2 % Max : 0,2 %

REVENDICATION

DÉNOMINATION DE CLASSE

Engrais



21/02/2023



Modalités étudiées :

N°	Sol 1 Balandran	N°	Sol 2 Lansargues
1	Sol 1 seul	7	Sol 2 seul
2	Sol 1 + Compost B	8	Sol 2 + Compost B
3	Sol 1 + Compost C	9	Sol 2 + Compost C
4	Sol 1 + Compost C + Antagonistes	10	Sol 2 + Compost C + Antagonistes
5	Sol 1 + Compost C + Mycorhize	11	Sol 2 + Compost C + Mycorhize
6	Sol 1 + Biofence + Antagonistes	12	Sol 2 + Biofence + Antagonistes

Dispositif expérimental :

- Tunnel plastique double chapelles
- Culture hors sol en pot de 3 litres
- Fertirrigation goutte à goutte
- 4 répétitions de 12 modalités
- 2 rangs de bordures
- 540 pots au total
- Melon charentais variété Arapaho

Observations et mesures :

- Notation des plantes fusariées (note de 0 à 4)
- Notation de la hauteur du bras principal
- Notation des bioagresseurs
- Suivi de la fertirrigation en cours de culture
- Suivi nématodes sur les rangs de bordures



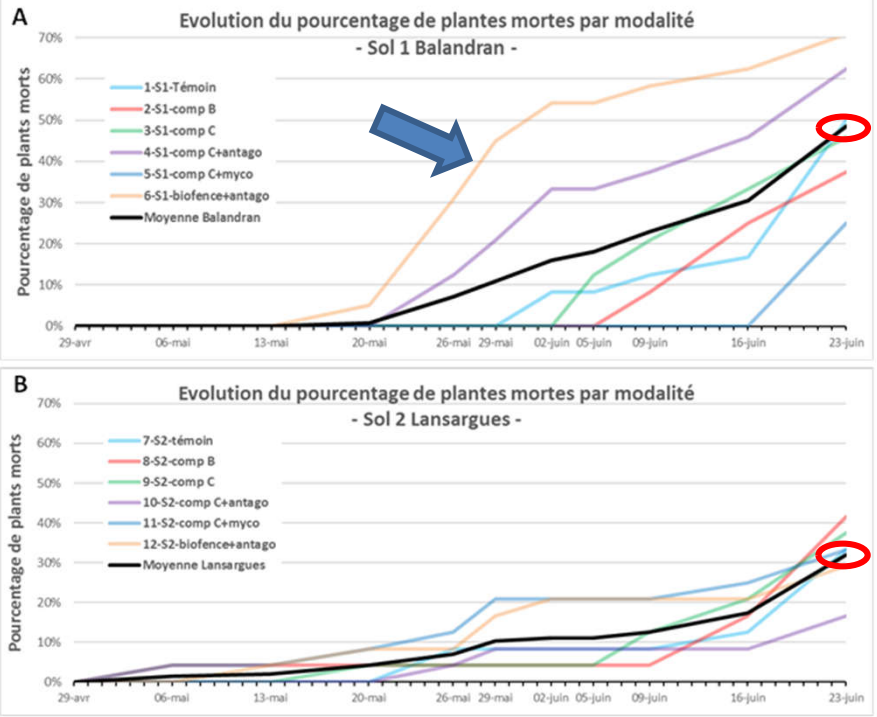
Détail modalités

Composts: dose calculée pour équilibrer les apports selon l'élément fertilisant limitant (le phosphore). Ajustement de la fertilisation pour ne pas créer de biais
N et K

Etant donné que certains composts ont une forte teneur en P => dose de compost apportée est finalement assez faible (12 à 18 tMF/ha)

Biofumigation: réalisée 15 jours avant mise en place de l'essai

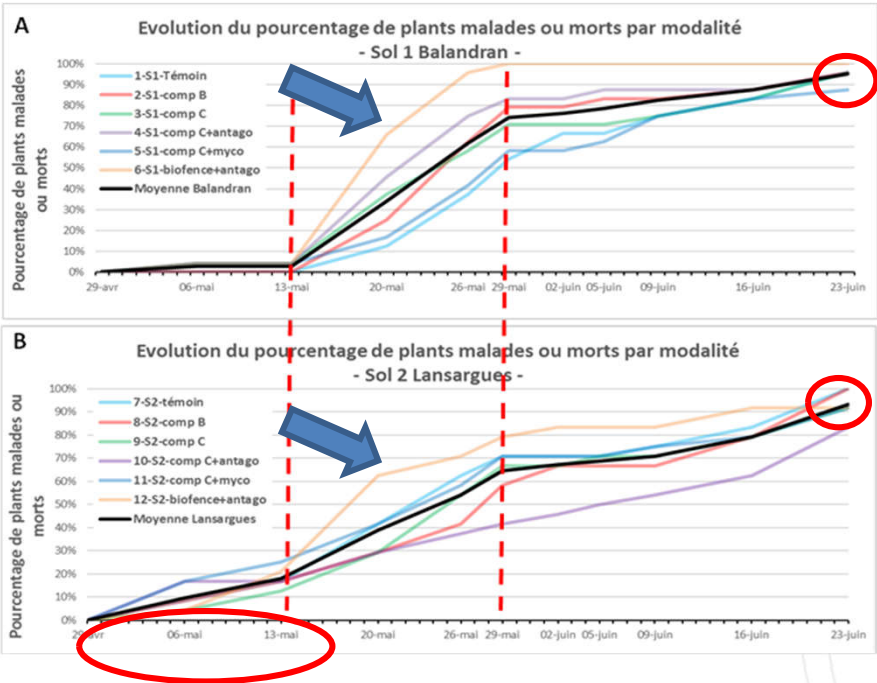
Résultats – évolution de la mortalité



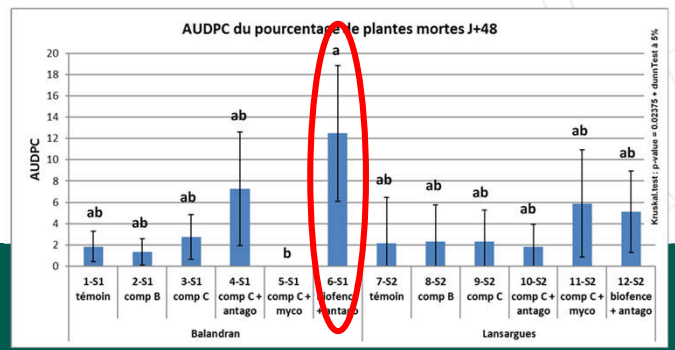
- Permet de mettre en évidence des différences dans la dynamique de progression de la maladie.
- Comportement très différents entre les deux sols.
- Résultats non transposable d'un sol à l'autre → (fertilisation, irrigation, caractéristiques physico-chimique et biologique).
- Modalité 6 Biofence + antagonistes est morte très rapidement.

Attaques assez fortes

Évolution de la fusariose au cours du temps



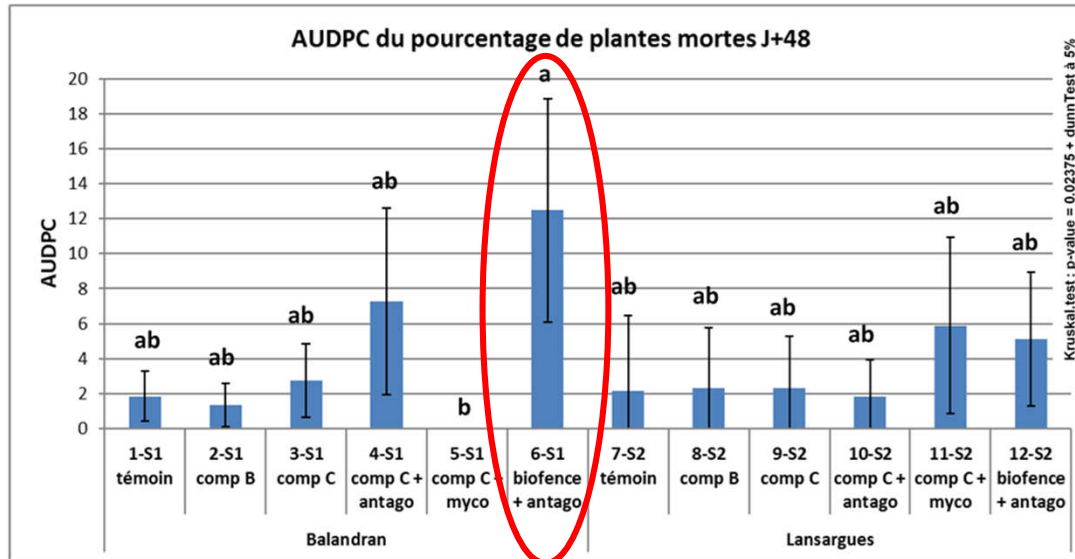
- Apparition des symptômes plus tôt sur le sol Lansargues
- 3 phases de progression distinctes
- Modalités 6 et 12 (Biofence + antagonistes sur les deux sols) plus rapidement malades
- 95% de plantes malades en fin d'essai.



Remarque: comportement différents selon les sols (conditions?)



Résultats – mortalité à 48 jours



- AUDPC = aire sous la courbe de la progression de la maladie.
- Aucune des modalités n'a permis de réduire la mortalité des plantes.
- La modalité 6 biofumigation + antagoniste semble la plus atteinte.

Résultats intermédiaires

- La modalité 6 Biofence + antagoniste est significativement plus atteintes que les autres → impact de la fertilisation
- Pression très forte du pathogène qui a pu masquer les effets des différents facteurs.
- Nombre d'individu trop petit pour comparer les modalités.
- Quantité de compost trop faible pour mettre en évidence leur effet suppressif. Pas de répétition d'apport
- Résultats différents entre les deux sols → pouvant être expliqués par plusieurs facteurs (caractéristiques physico-chimiques et biologiques, fertilisation, souche de FOM).
- Résultats mitigés où aucune stratégie n'a montrée son efficacité



EFFICACITÉ DE COMBINAISONS DE LEVIERS

2. DES ESSAIS AU CHAMP

21/02/2023

Webinaire de restitution Synergies

21

En 2020, essais menés à l'ACPEL ET SUDEXPE

- Modalités testées

Témoin

Apport de compost de fumier de dinde et déchets verts (12.5 t MF/ha)

Apport de compost de déchets verts (18.75 t MF/ha)

Apport de compost de déchets verts (18.75 t MF/ha) + apport de microorganismes antagonistes

Biofumigation du sol (pellets de moutarde 15t/ha BIOFENCE) + apport de microorganismes antagonistes



Premiers effondrements de plantes non liés à la fusariose (collets sectionnés)



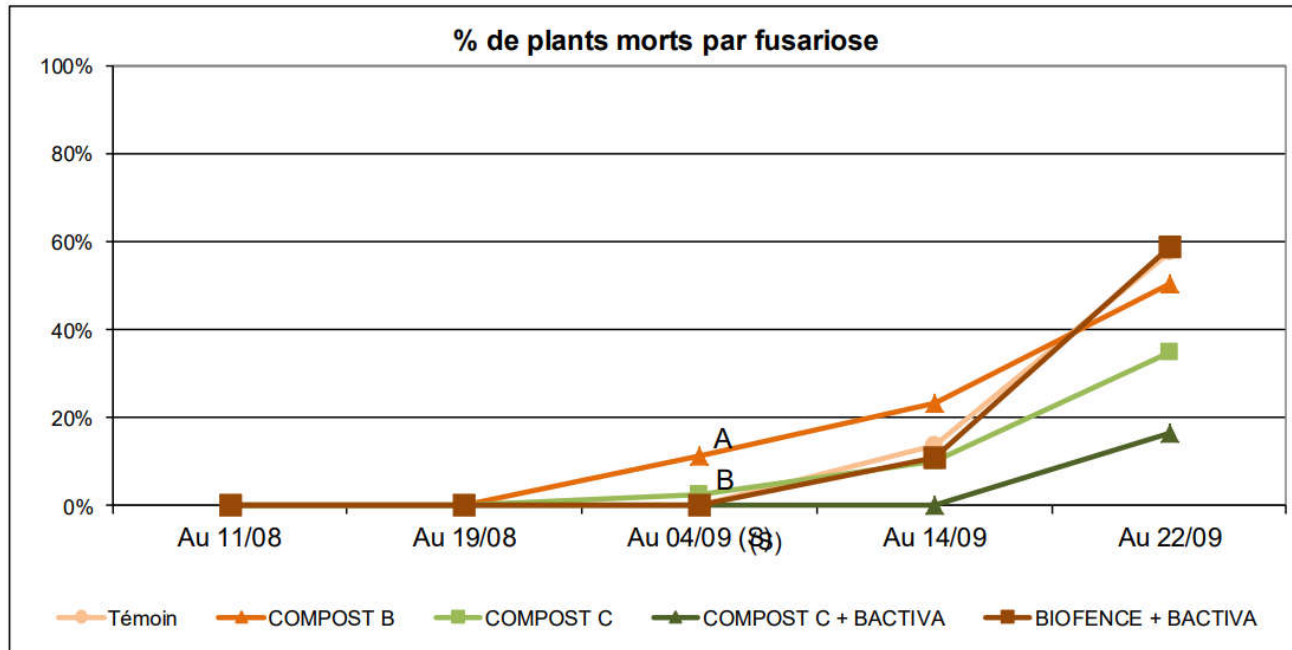
Dégâts sur 3 des parcelles avec compost concentré sur la ligne



De nombreuses galeries visibles



ÉVOLUTION DU POURCENTAGE DE PIEDS TOUCHÉS PAR LA FUSARIOSE



21/02/2023

=> Les campagnols ont été fortement attirés par les composts.

=> Le compost de déchets inoculé avec des microorganismes antagonistes ont été ajoutés semble avoir diminué les dégâts, sans que les résultats soient toutefois significatifs

=> Aucune autre modalité ne présente d'efficacité.

=> Microorganismes antagonistes soient détruits suite à la biodésinfection?

A SudExpé, 3 modalités évaluées (apport de compost de DV + fumier de dinde et apport de compost de déchets verts), pas de dégâts de fusariose

En 2021, essais menés à l'ACPEL ET SUDEXPE

- Modalités testées

Témoin

Apport de compost de déchets verts dose 17,96 t/ha

Apport de compost de marc de raisin, café et pulpe d'olive, dose 8,5 t/ha

Apport de compost commercial Fertil (fumiers divers,ensemencés de bactéries)

Apport de compost de marc de raisin, café et pulpe d'olive + mycorhization

Apport de compost de marc de raisin, café et pulpe d'olive + Rhapsody (*Bacillus subtilis*)





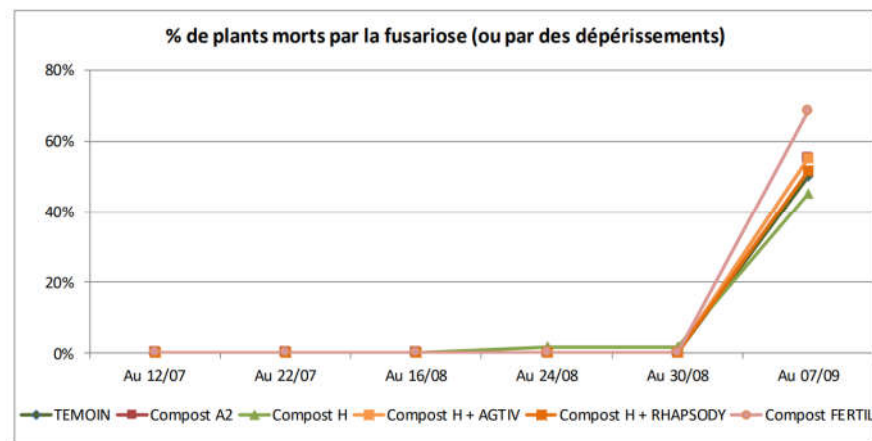
Au 30 juin : bonne reprise, vigueur plus importante sur le secteur de l'essai.

16 août : développement important des plantes. Des signes de dépérissements.

24 août : des jaunissements plus significatifs.

07 septembre : mortalité rapide et presque totale > parcelle de production.

ÉVOLUTION DU POURCENTAGE DE PIEDS « MORTS » PAR LA FUSARIOSE (OU DE DEPERISSEMENTS)

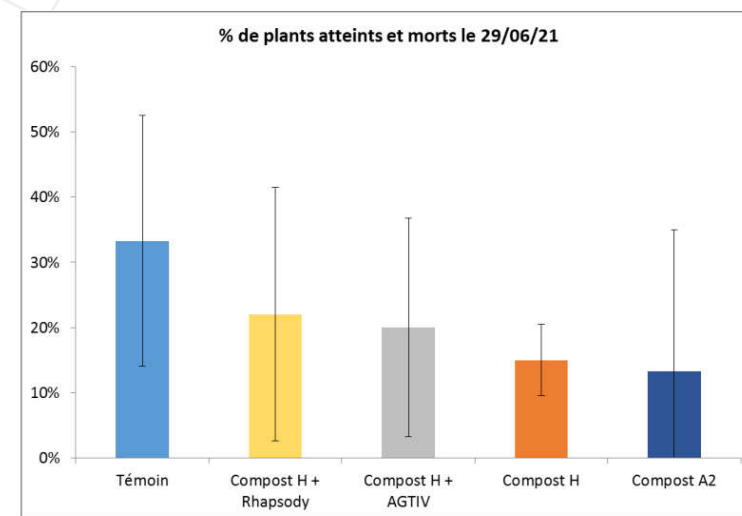


A l'ACPEL,

- => Dépérissements observés mi août, très forts en fin d'essai (mortalité 50 à 100% en fin de récolte)
- => Très forte intensité de dégâts
- => Aucune modalité efficace

A SudExpé

- => pression de fusariose relativement faible,
- => En fin d'essai, toutes les modalités ont tendance à présenter un pourcentage de plants sains supérieur au témoin, sans que la différence ne soit significative.
- => Il reste ainsi difficile de pouvoir conclure sur l'effet négatif ou positif de l'apport de compost, additionné ou non de produit mycorhizien ou de biocontrôle.



Conclusions générales vis-à-vis des leviers agroécologiques, seuls ou combinés

- Quelques avancées, plutôt en conditions contrôlées, mais encore de très nombreuses questions
- Des résultats difficiles à mesurer au champ, avec de très nombreux facteurs qui interagissent (pression de Fom, autres pathogènes, suppressivité naturelle des sols...)
- Des points à creuser, notamment l'impact des leviers sur la suppressivité des sols
- Des Rdd pour hiérarchiser les facteurs, en lien avec les conditions agronomiques, pédoclimatiques... => Dexi, un premier pas ?
- Des résultats plus complets disponibles sur demande

70
ans

Réussir aujourd'hui,
c'est imaginer demain.

CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL
DES FRUITS ET LÉGUMES



Pour en savoir plus
www.ctifl.fr

Action financée par



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité



INRAE



Webinaire Melon – 01 12 2022



Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité



SYNERGIES



***Fusarium oxysporum* : champignon pathogène...**

ou champignon non pathogène ?

Telle est la question !

*Christian Steinberg - Veronique Edel-Hermann – Nadine Gautheron – Elodie Gautheron
INRAE Dijon*

Le genre *Fusarium* appartient à
la famille des Nectriaceae,
à l'ordre des Hypocreales,
à la classe des Sordariomycètes,
au phylum Ascomycota,
au règne des Fungi
au domaine des Eucaryotes.

Le genre *Fusarium* (spores en forme de Fuseau) a été décrit pour la première fois en 1809 par Heinrich Friedrich Link et répertorié dans la taxonomie par Fries en 1821.



À ce jour, il existe environ 300 espèces connues de *Fusarium*, mais près de la moitié d'entre elles n'ont pas été officiellement décrites.

Nombreuses divergences au sein de la communauté scientifique sur la taxonomie et les critères morphologiques ou /et moléculaires, et/ou métabolomiques (mycotoxines)

=> ***Fusarium oxysporum*** : trachéomycoses

très grande spécialisation parasitaire,
plus de 100 formes spéciales et races différentes



F. oxysporum f.sp. *melonis*

Melon

F. oxysporum f.sp. *lycopersici*

Tomate

F. oxysporum f.sp. *melongenae*

Aubergine

F. oxysporum f.sp. *spinaciae*

Epinard

F. oxysporum f.sp. *asparagii*

Asperge

F. oxysporum f.sp. *vasinfectum*

Coton

F. oxysporum f.sp. *cyclamni*

Cyclamen

F. oxysporum f.sp. *orthoceras*

Orobanche

...

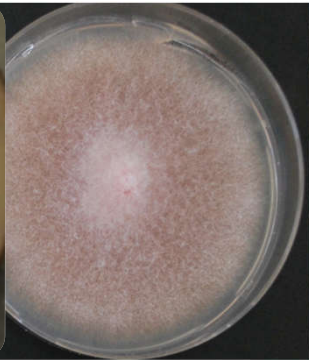
Et des formes non pathogènes... tant que....

Espèce asexuée (anamorphe)

Edel-Hermann and Lecomte 2019;
doi:10.1094/phyto-08-18-0320-rvw



Symptômes : Jaunissement, flétrissement, chancre



Distribution

- Cosmopolites,
 - En sol cultivé comme en sol non cultivé, partout dans le monde (100 à 1000 propagules / g de sol.
 - Dans l'air (quelques propagules /L)
 - Dans l'eau (quelques propagules /L)
 - Dans des environnements anthropisés (Hôpitaux ->)
- Survivent sous formes de chlamydospores dans le sol, sur des débris végétaux, (saprophyte, hemibiotrophe)
- Sont disséminés par des spores de dissemination microconidies ou macroconidies
- Les formes spéciales sont cependant plus abondantes en sols cultivés qu'en sols naturels (multiplication par les plantes hôtes)
- Les formes spéciales les plus abondantes en sol cultivés sont celles correspondant à la culture des plantes hôtes (exsudats racinaires électifs).





Fusarium oxysporum non pathogènes



- Origine tellurique
- Pas de plante hôte identifiée
- Pas de subdivision intraspécifique sur la base d'interactions avec des plantes hôtes
- Considérés comme une entité écologique unique, représentant un groupe homogène (mais porteur de diversité) au sein de l'espèce
- La *forma specialis* d'une plante hôte est non pathogène d'une plante non hôte.
- Les *F. oxysporum* non pathogènes sont compétiteurs (même niche écologique) des *F. oxysporum* pathogènes

Comment distinguer une souche pathogène d'une souche non pathogène ?

Morphologie : **NON**

Localisation géographique : **NON**

Origine d'isolement sur plante : **NON** , il existe des endophytes non pathogènes

Moléculaire : **oui dans de rares** cas où une séquence spécifique de la forme spéciale a été identifiée (ex. *F. oxysporum* f. sp. *cyclamini* (Lecomte et al 2016, doi:10.1007/s10658-016-0856-3)

Test biologique de pathogénicité : OUI,
si on à la plante hôte pour faire le test



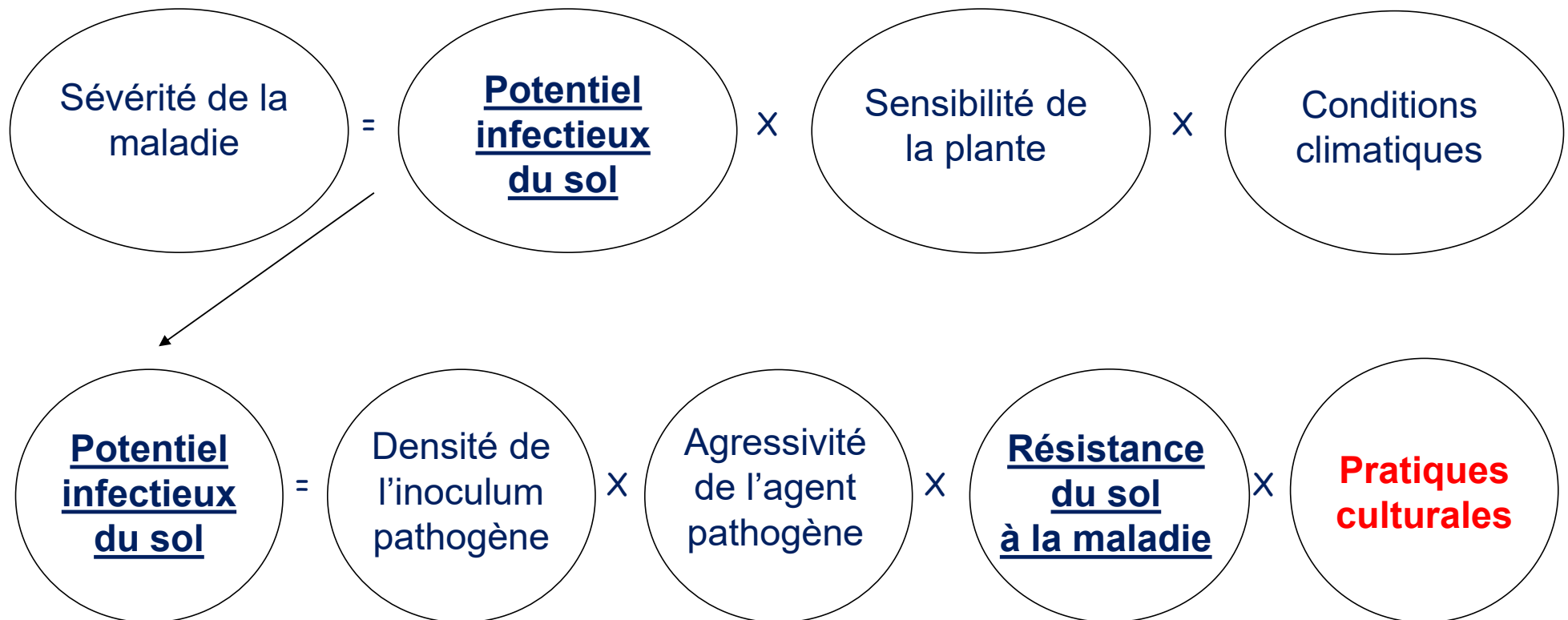
Origine génétique de la pathogénicité

Origine polyphylétique i.e. plusieurs mutations, successives ou non au cours de l'évolution, à partir de souches non-pathogènes

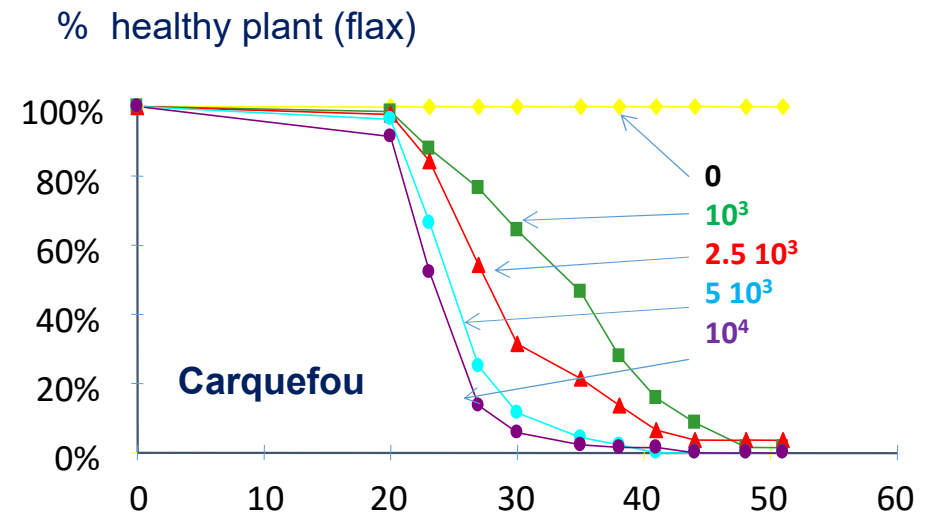
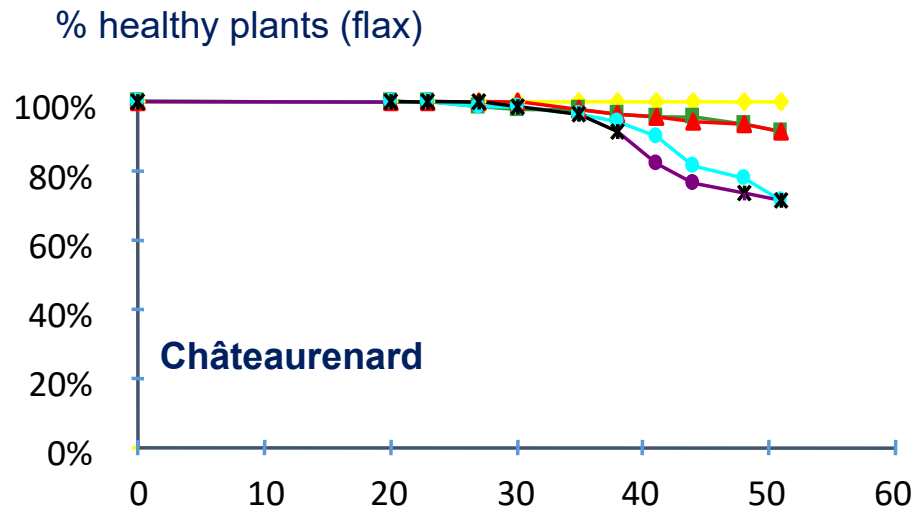
Éléments transposables (transposons) beaucoup plus fréquents chez les souches pathogènes que non pathogènes

Transfert horizontal de gènes d'une souche pathogène à une souche non pathogène (Ma 2014; doi: 10.1111/mpp.12171)

Disease severity due to the same pathogenic populations affecting the same susceptible host-plant, under the same climatic conditions may vary because of the soil environment that modulates the infectious activity of the pathogenic populations

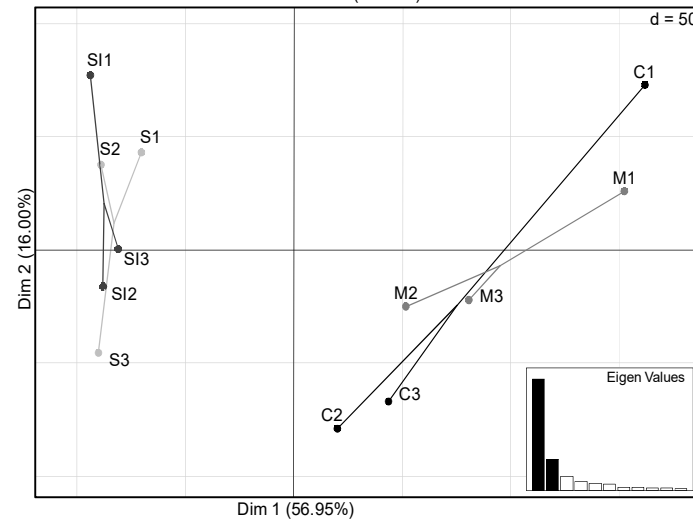
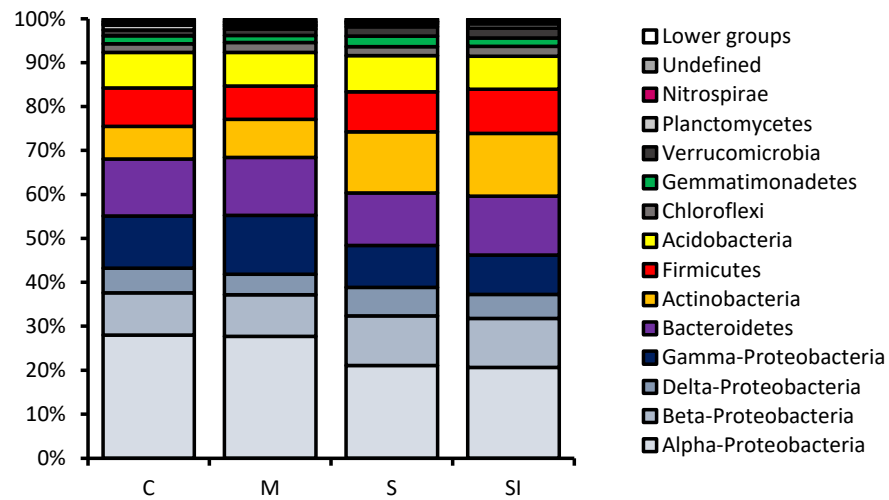
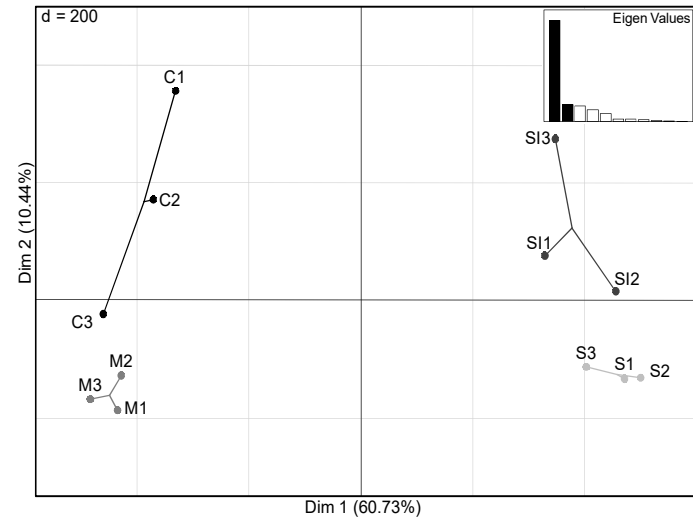
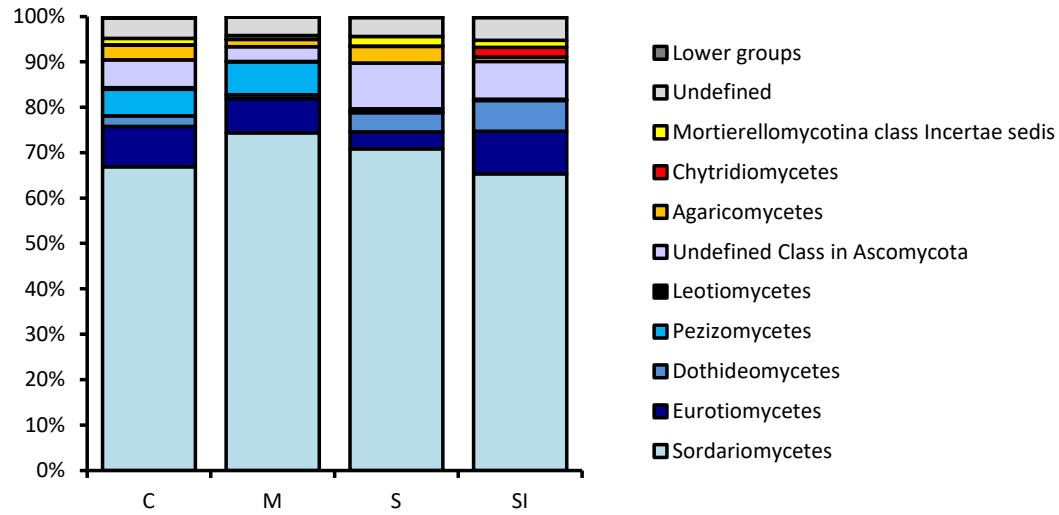


Résistance d'un sol à la fusariose *Soil suppressiveness to fusarium wilt*

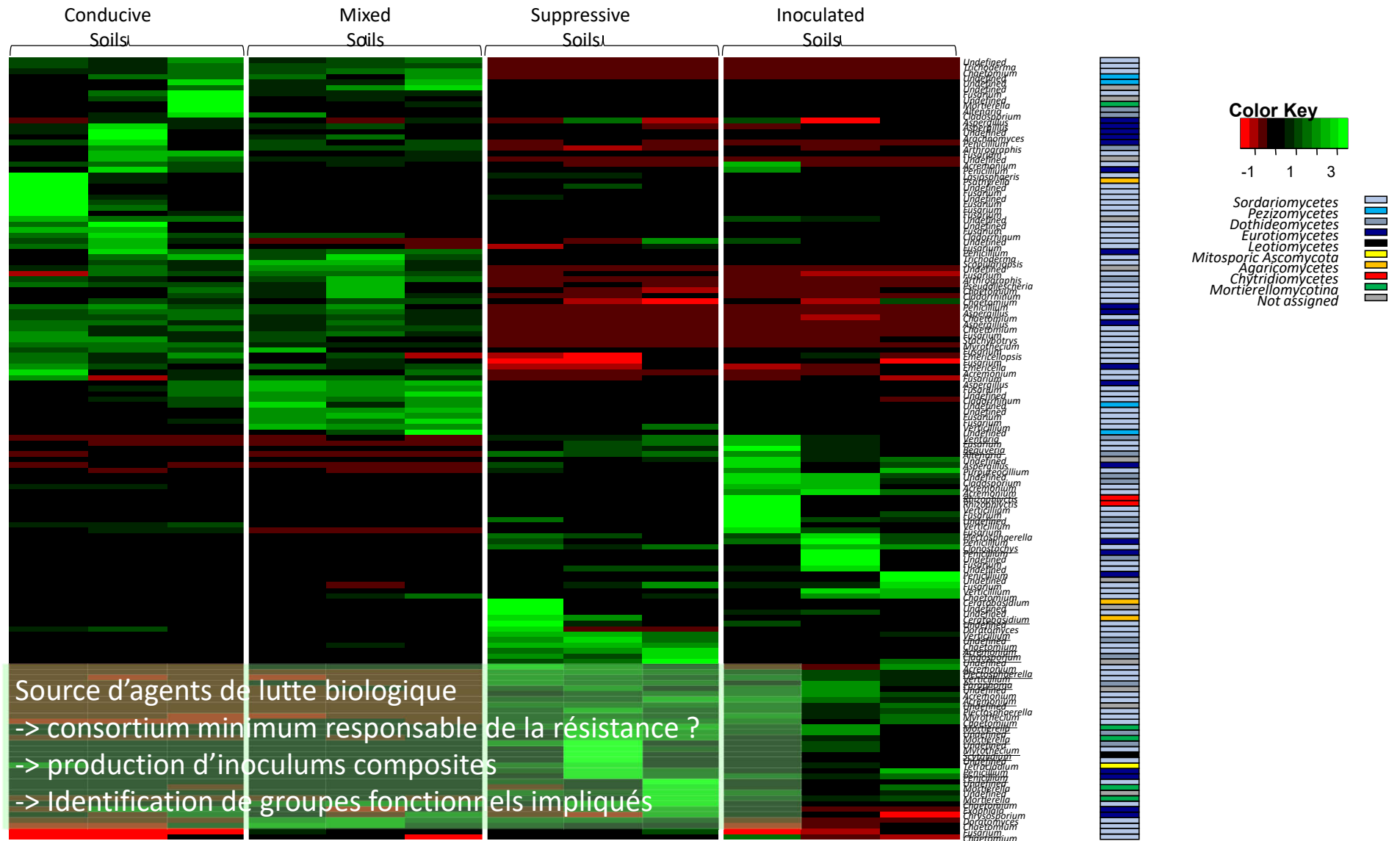


Inoculum = *F. oxysporum* f. sp. *lini* (10^3 , 2.5×10^3 , 5×10^3 and 10^4 conidia/ml soil).
Control: non inoculated soil

F. oxysporum Fo47
P. fluorescens C7



The two communities are involved but the fungal one reacts more strongly



Fungal genera associated with the suppressive soil and absent from the conducive soil

-> **Acremonium sp., Chaetomium sp. Cladosporium sp. Chlonostachys sp., Fusarium sp.**

=> genera known to harbor strains with antagonistic activity against *F. oxysporum*.

-> **Myrothecium sp., Conocybe sp.; Sarocladium sp., Ceratobasidium sp., Mortierella sp., Penicillium sp., Scytalidium sp.**

=> **new potential to be tested !!!**

-> **Leptosphaeria sp. et Verticillium sp.**

=> genera known to harbor strains with pathogenic activity: **to be avoided.**

Méthodes de contrôle

Aucune n'est vraiment efficace seule mais toutes peuvent contribuer :

Longueur des rotations

Insertion d'une prairie dans la rotation

Culture intermédiaires : brassicacea

Gestion des résidus élimination, compostage

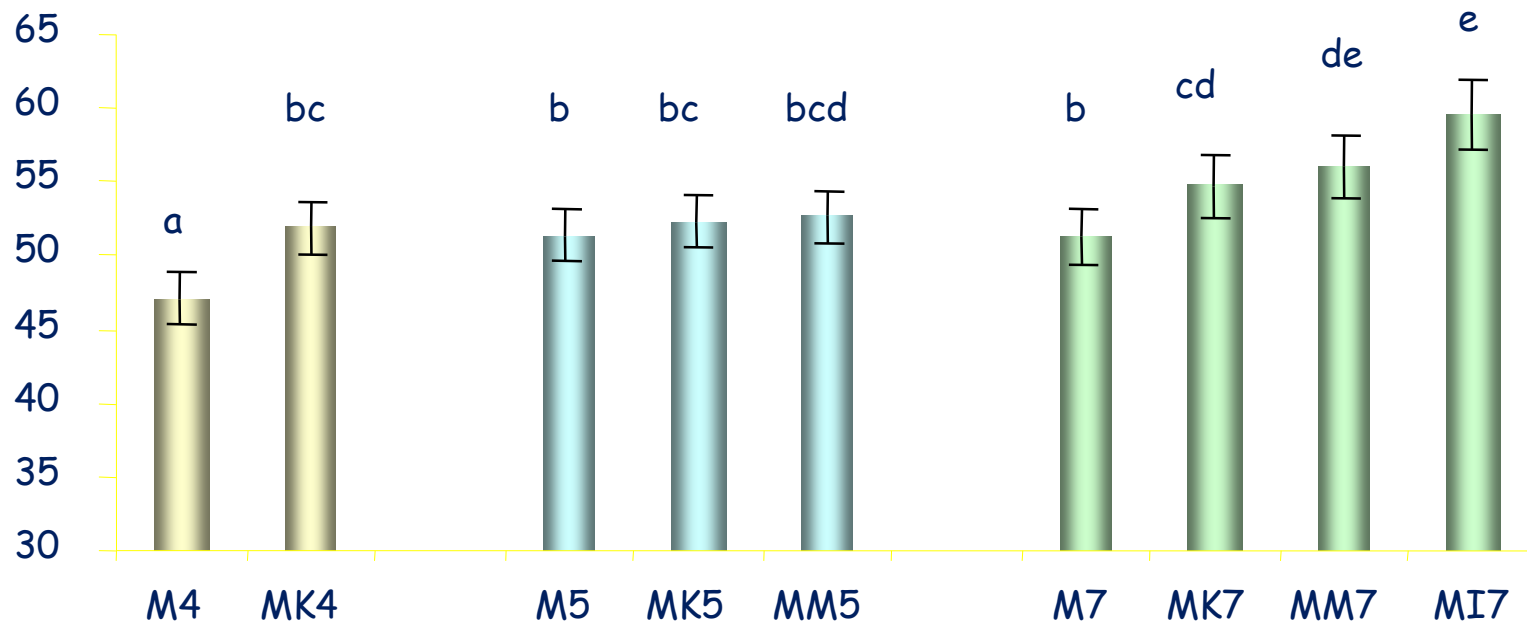
Solarisation - Biodésinfection

Amendement organique : compost

Nature du sol : argile, pH

Effet du pH et de la nature des argiles sur l'expression de la fusariose du lin

Mean Survival Time (MST, days)



Méthodes de contrôle

Aucune n'est vraiment efficace seule mais toutes peuvent contribuer

Longueur des rotations

Insertion d'une prairie dans la rotation

Culture intermédiaires : brassicacea

Gestion des résidus élimination, compostage

Solarisation - Biodésinfection

Amendement organique : compost

Nature du sol : argile, pH

...

Biocontrôle

Souche non pathogène de *F. oxysporum*, de *Trichoderma harzianum*, ...

Microflore du sol





Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche



SYNERGIES



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

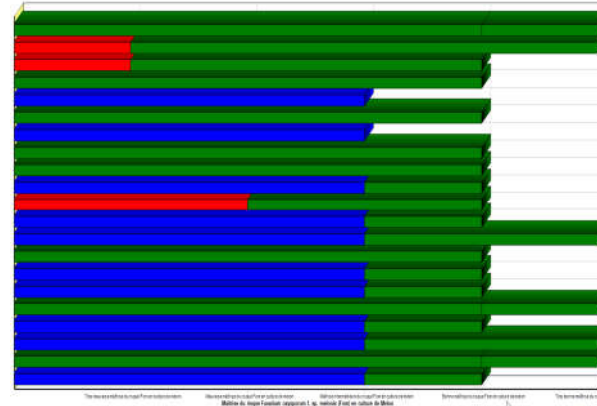
*Liberté
Égalité
Fraternité*

FOXY

Merci de votre attention



Arbre d'évaluation multicritères DEXi : Maitrise du risque *Fusarium oxysporum f. sp. melonis (Fom)* en culture de Melon



Webinaire restitution projet CASDAR SYNERGIES, 01.12.2022

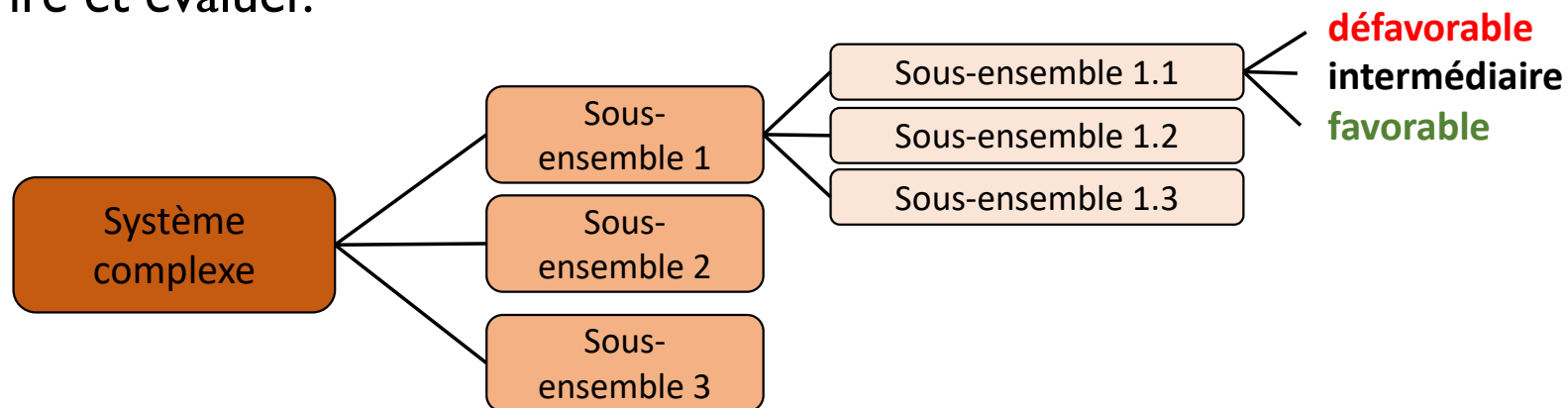


Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Liberté
Égalité
Fraternité



- Logiciel **libre**
- Outil multicritères basé sur un **ensemble d'indicateurs/critères qualitatifs**
- Modèle permettant de **décomposer et de hiérarchiser un système complexe** (ici un système de culture) en **sous-ensembles plus simples** à décrire et évaluer.



- Permet de créer, tester, évaluer et comparer différents scénarios



- Evaluation de la « **Maitrise du risque *Fom* en culture de melon** », fournie en 5 seuils :

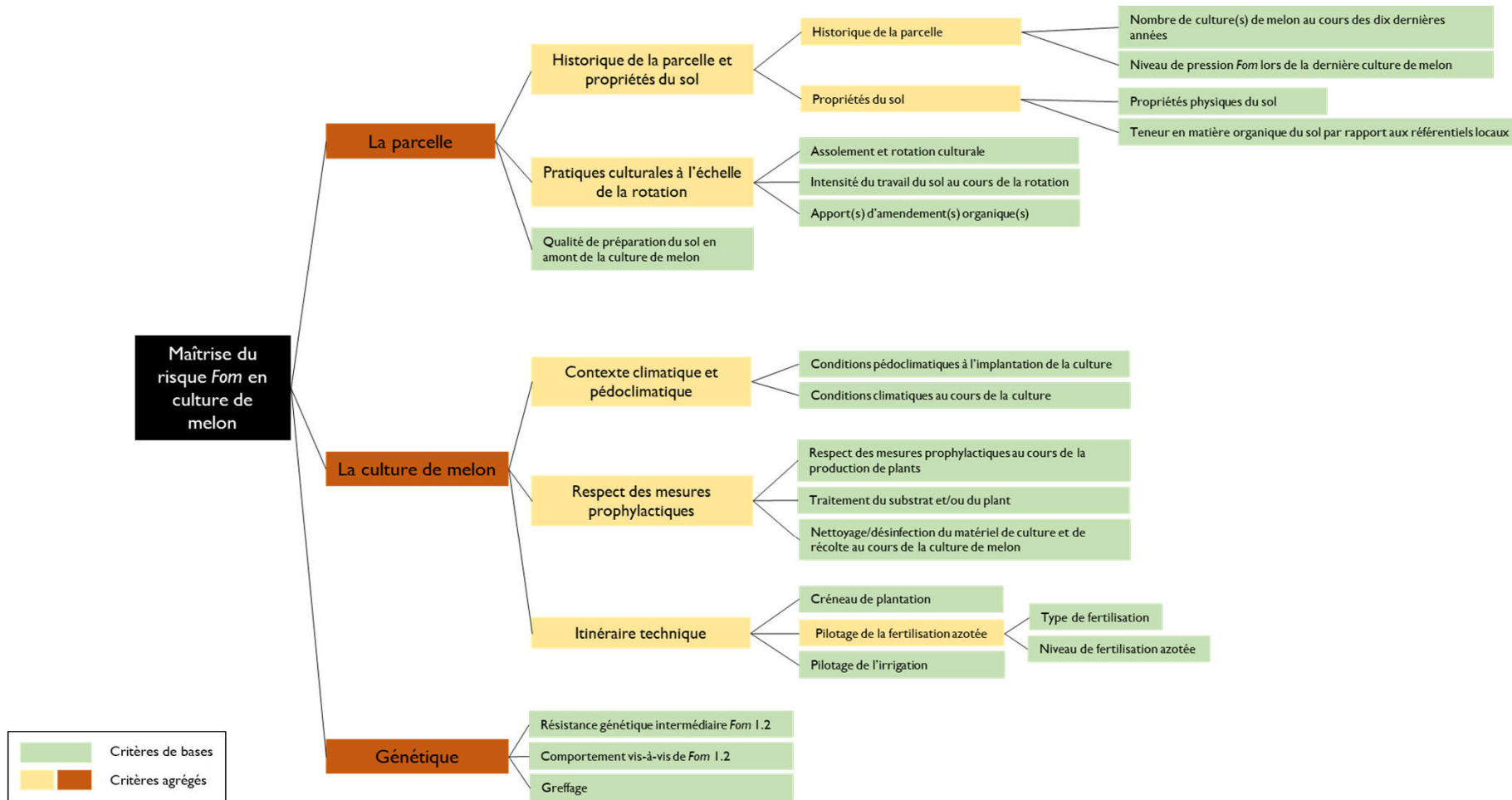
1. **Très mauvaise maîtrise du risque *Fom* en culture de melon**
2. **Mauvaise maîtrise du risque *Fom* en culture de melon**
3. Maîtrise intermédiaire du risque *Fom* en culture de melon
4. **Bonne maîtrise du risque *Fom* en culture de melon**
5. **Très bonne maîtrise du risque *Fom* en culture de melon**

- L'outil DEXi *Fom* melon permet :
 - **L'évaluation du risque *a priori*** prit vis-à-vis de *Fom* **sur une parcelle donnée**, ou une comparaison de différentes parcelles entre elles
 - **L'évaluation de l'impact de la modification d'un ou plusieurs élément(s) du système de culture** sur le développement et l'expression de la maladie
- **2 versions créées** : version stabilisée et version exploratoire.

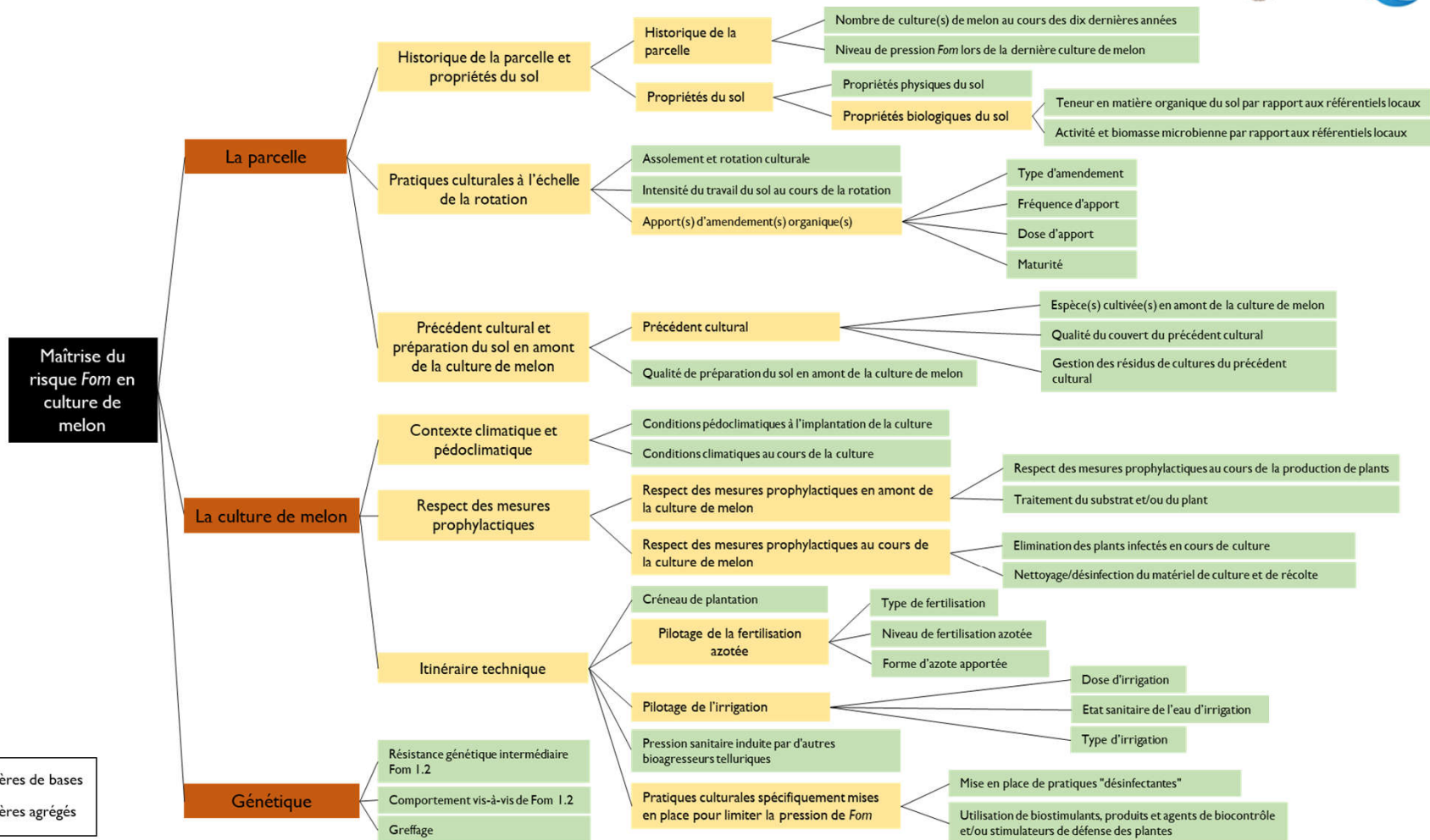


- **Critères de base** possédant **3 à 5 seuils** renseignés par l'utilisateur, **du plus défavorable à la culture, au plus favorable à la culture.**
- **Critères agrégés**, aussi définis en **3 à 5 seuils**, mais cette fois-ci **calculés par l'outil** à partir des valeurs attribuées aux critères du rang inférieur.
Des **pondérations sont appliquées à chaque critère** de rang inférieur pour leur donner plus ou moins de poids dans le calcul de l'indicateur agrégé.
- Validation de la cohérence de l'outil par comparaison avec des enquêtes

Architecture de l'arbre : version stabilisée



Architecture de l'arbre : version exploratoire

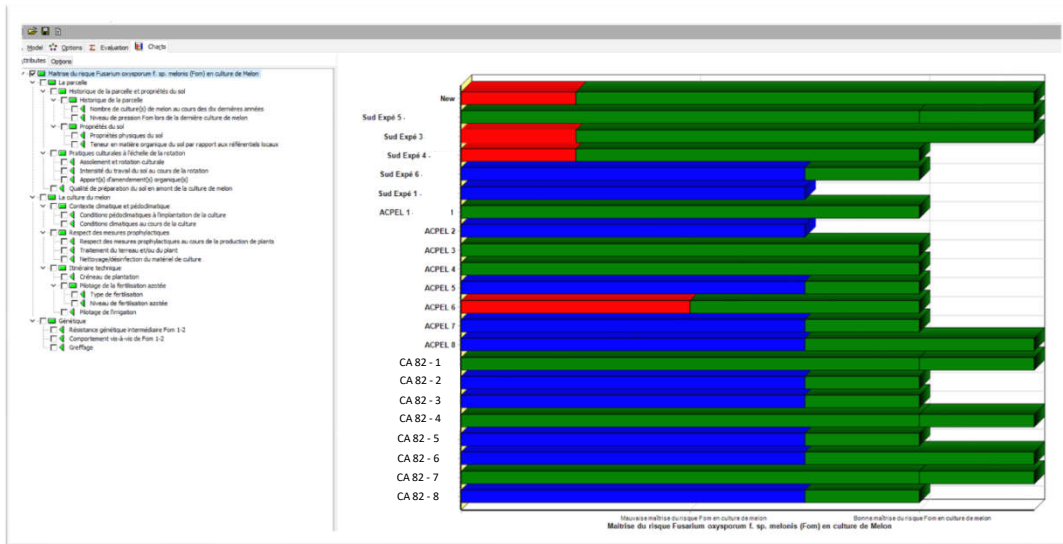






- Enquêtes réalisées dans le cadre du CASDAR SYNERGIES souvent incomplètes, et faible nombre d'enquêtes.
 - Dernier travail jusqu'à décembre pour affiner au maximum les résultats obtenus avec l'outil DEXi *Fom* melon
 - Des modifications pourront être réalisées *a posteriori* par l'utilisateur pour adapter les critères et les pondérations à son contexte.
- Outil évolutif
- La version exploratoire constitue un recueil des leviers qu'il pourrait être intéressant de travailler à l'avenir. L'ensemble des sources et explications sont présentées dans le mode d'emploi.

• **DEXi fusariose melon disponible sur demande**



• **Mode d'emploi DEXi fusariose melon disponible sur rd-agri.fr**



Mode d'emploi de l'arbre d'évaluation multicritères DEXi
SYNERGIES volet melon : Maîtrise du risque *Fusarium oxysporum f. sp. melonis (Fom)* en culture de Melon



CASDAR SYNERGIES : Maîtriser les fusarioses dans les systèmes légumiers (melon et ail) selon la diversité des sols. Proposition de leviers agronomiques et écologiques en SYNERGIE avec les potentialités des contextes pédoclimatiques et des systèmes de culture conventionnels et biologiques

Réalisation : Tanguy Balanant (FiBL France), André Chabert (ACTA)

Participations : Sylvie Bochu (CA82), Remy Kulagowski (Sudexpé), Jean-Michel-Lhote (ACPEL), Laure Soucémariadin (ACTA), Marie Torres (CTIFL)

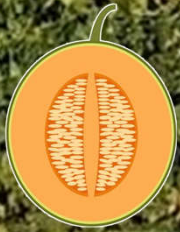




Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

 **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Le projet CASDAR SYNERGIES

Conclusions

Laure Soucémarianadin
Acta

ACPEL ©





LE PROJET SYNERGIES

Les livrables

- Enquêtes producteurs et analyses de sol
 - Rapport « Cartographie ponctuelle de la répartition des fusarioses dans trois bassins de production pour l'ail et le melon : identification des déterminants i) agropédologiques et ii) de conduite des systèmes de cultures de la fusariose pour ces deux productions »
- Enquêtes sur les leviers
 - Rapports sur état des lieux des compostières
 - Un article de synthèse sur *Fusarium oxysporum* (f. sp. *melonis*) : déterminants et leviers (en anglais)
- Caractérisation des sols, des leviers composts et des plantes
 - **Des tests de réceptivité pour les sols avec le pathosystème *F. oxysporum*-melon aux résultats non interprétables**
 - Rapport sur le screening des composts + fiches d'évaluation des composts

PROJET CASDAR IF 1614 - SYNERGIES
SYNERGIES: Maîtriser les fusarioses dans les systèmes légumiers (ailées et ail) selon la diversité des sols. Proposition de leviers agronomiques et écologiques en SYNERGIE avec les potentialités des contextes pédologiques et des systèmes de culture conventionnels et biologiques.



FIBL
France

Synergies : Livrable - Tâche 1.2
« Etat des lieux des leviers agroécologiques »

Partie I : Evaluation des ressources de composts disponibles



FIBL
France

Synergies : Livrable - Tâche 2.1.1
« Screening des composts »

Partie I : Analyses chimiques des composts et tests de phytotoxicité



Expérimentation Plantes
(SYNERGIES)

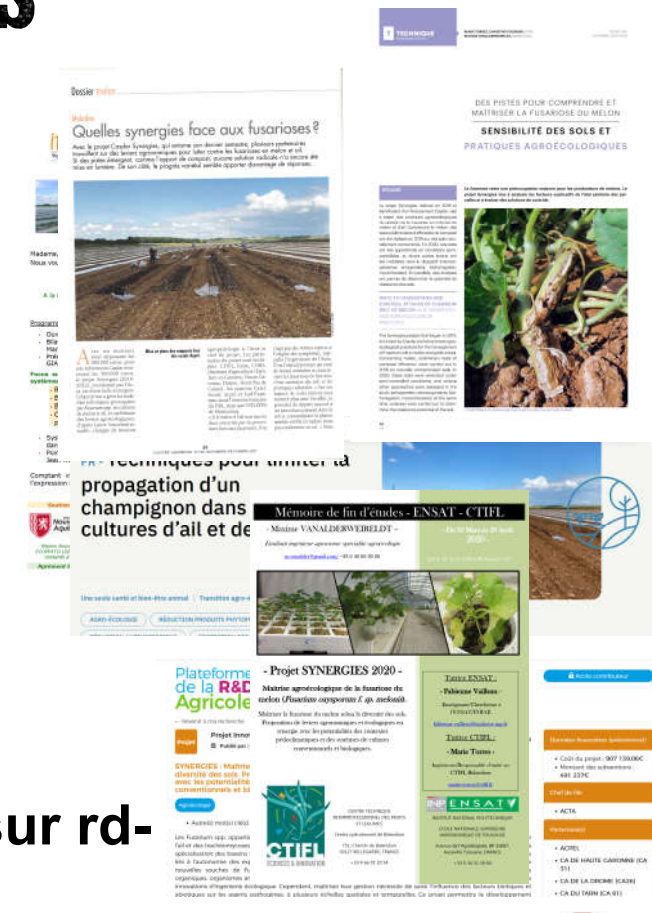
FIBL France | IFV France | IFV France | IFV France | IFV France | IFV France | IFV France | IFV France | IFV France | IFV France



LE PROJET SYNERGIES

Les livrables

- Essais sur les leviers agroécologiques
 - CR des essais et synthèse avec perspectives
- Transfert professionnels
 - Rencontre technique Melon centre-ouest (17/11/2022)
 - Un prototype de l'outil DEXi avec son dictionnaire
- 1 rapport de stage (M2) + plusieurs articles dans la presse spécialisée



Page dédiée sur le site Internet Acta ([ICI](#)) et espace sur rd-agri ([ICI](#)) ; livrables disponibles en décembre

Webinaire Maîtriser la fusariose du melon avec des leviers agroécologiques ? 01/12/2022