

Webinaire de restitution – volet Ail

17 novembre 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

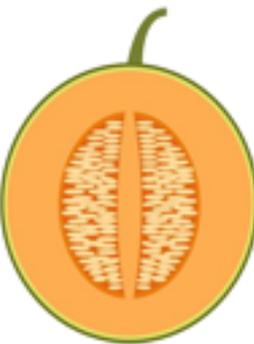


Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



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

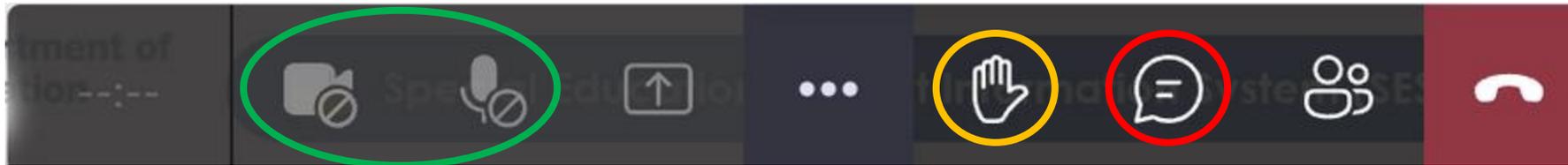
*Liberté
Égalité
Fraternité*



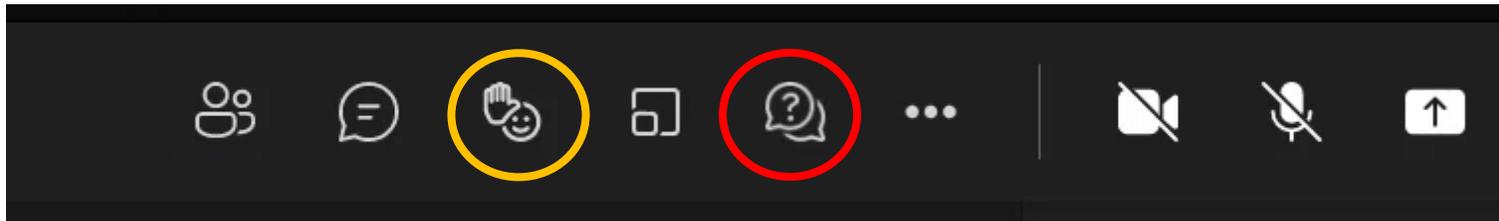


CONSIGNES

- **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



CEFEL ©





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 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. Soucémarianadin

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 (ail) importants

- Conséquences agronomiques
 - Une production française importante : France = 4^{ème} producteur européen (2% de la production mondiale)
 - Filière très affectée par la fusariose : tous les bassins de productions sont concernés (Drôme, Occitanie, Nord) et tous les types d'ail (rose, blanc, violet)
 - Des symptômes apparaissant en post-récolte (conservation, stockage)
 - Pas de substance permettant le contrôle de la fusariose
- Conséquences économiques :
 - Filière avec de nombreux signes de qualité et origine (AOC-AOP, IGP)
 - Des pertes de revenus importantes (ex : jusqu'à 87% de baisse sur le revenu dégagé par hectare lors de la campagne 2016/2017 dans la Drôme)
 - Tension sur les marchés national et européen



LE PROJET SYNERGIES

Introduction



La fusariose de l'ail

- Symptômes : pourriture racinaire (caïeu, bulbe)



- Un pathosystème récemment identifié en France : *Fusarium proliferatum* (majoritaire) + *Fusarium oxysporum*
- Maladie tellurique ? **Hypothèse** : l'agent pathogène pénètre dans la plante par le plateau ou les tissus blessés. La maladie se développe à partir de la base du bulbe et progresse vers l'extrémité des caïeux



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

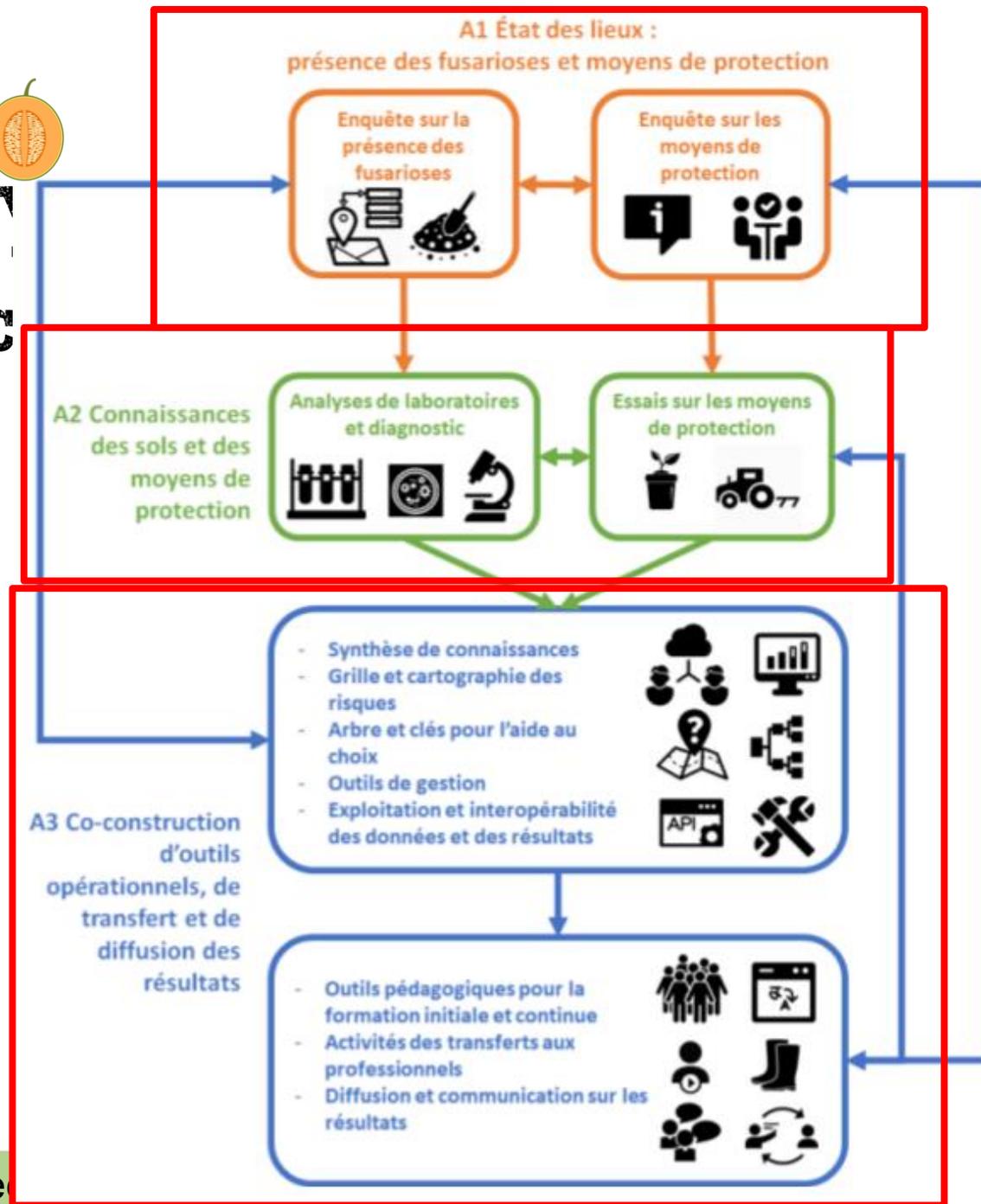
LE PROJET S'Introduc

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

- Caractérisation de *Fusarium proliferatum* ; Christel LEYRONAS (INRAE, UR PV)
- Screening des composts et sélection pour les essais ; Florence ARSONNEAU (FiBL FR) **présentation flash**
- Les essais du projet : leviers testés et résultats ; Juliette PELLAT (CTIFL)
- Activités de transfert EPLEFPA de Montauban – mise en place d'un essai et valorisations ; Florence ARSONNEAU (FiBL FR)
- Métabolomique des plantes : des perspectives ? ; Claire PRIGENT-COMBARET (CNRS UMR LEM)
- L'outil d'évaluation multicritères DEXi « Evaluation du risque de développement de la fusariose de l'ail » ; André CHABERT (Acta)





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

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



LE PROJET SYNERGIES

La Table ronde

- Exposé Christel LEYRONAS (INRAE, UR PV)
- Intervenants
 - Hélène Hunyadi (PROSEMAIL)
 - Marie-Christine Baills (GIE L'Ail Drômois)
 - Sébastien Taupiac (Président du Syndicat de Défense de l'Ail Violet de Cadours)





CARACTÉRISATION DES AGENTS PATHOGÈNES RESPONSABLES DE LA FUSARIOSE DE L'AIL

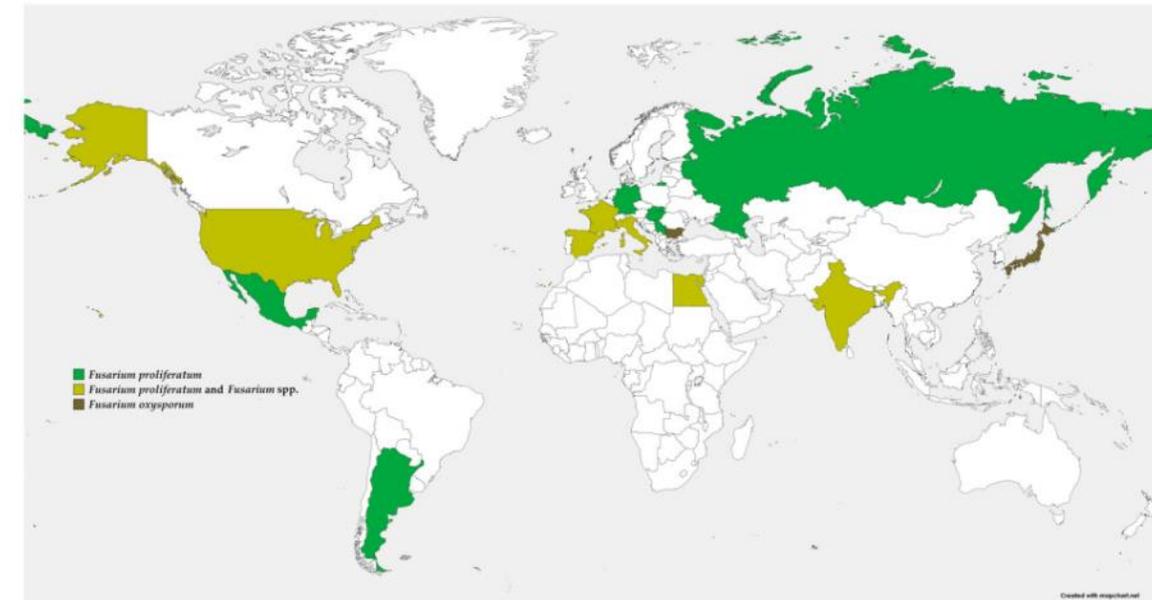
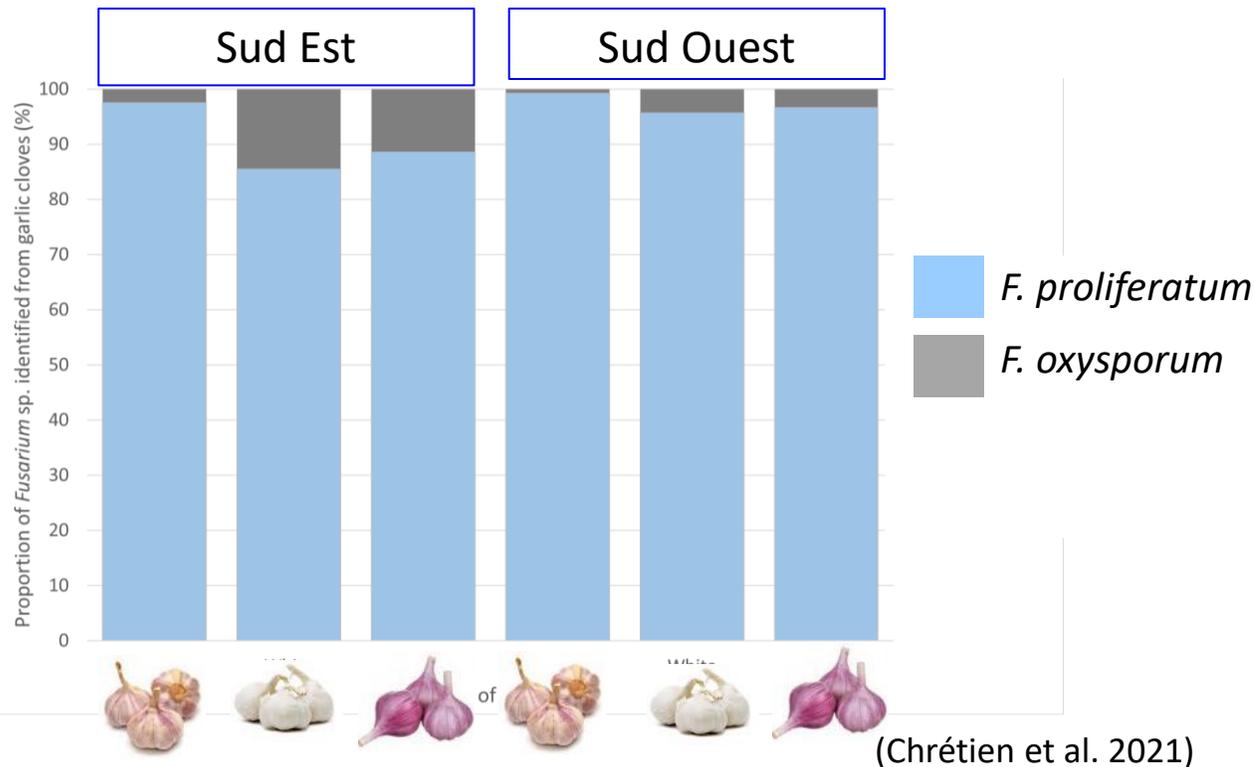
C. Leyronas, P. Chrétien, M. Duffaud, C. Troulet





ETIOLOGIE DE LA MALADIE

Etiologie : études des causes d'une maladie → identifier et caractériser les agents responsables des symptômes.



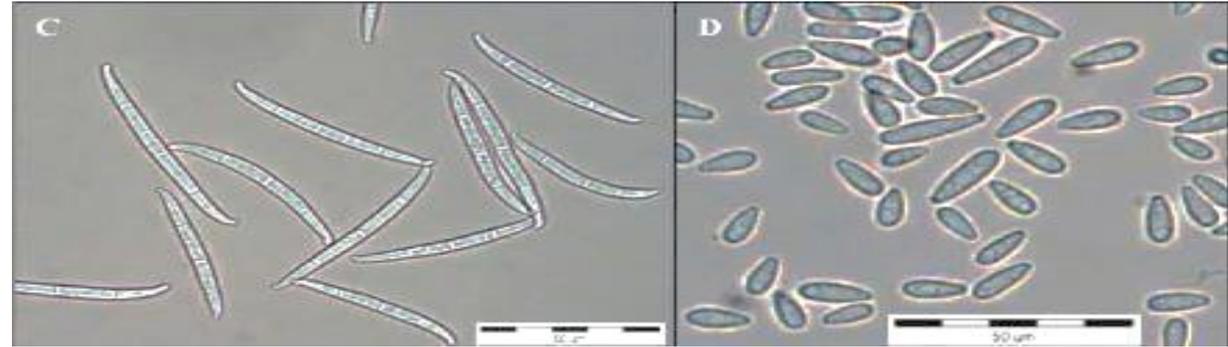


FUSARIUM PROLIFERATUM

✓ *Fusarium proliferatum*



✓ Spores : macroconidies, microconidies



F. proliferatum sur dragon fruit, Mohd et al. 2013

- ✓ Mycotoxines : fumonisins (FB1, FB2, and FB3), moniliformin (MON), beauvericin (BEA), fusaric acid (FA), fusaproliferin (FUP) (Galvez & Palmero 2022)



FUSARIUM PROLIFERATUM

✓ *F. proliferatum* a une gamme d'hôtes assez large

- espèces cultivées en rotation avec l'ail



- autres espèces :

(plus de 30, Proctor et al 2010)



- beaucoup de first report sur *Fp*, donc > 30 espèces.





LOCALISATION DE L'INOCULUM

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
Proximité



- ✓ *Fp* peut être présent sous forme endophyte dans les gousses d'ail asymptotiques (Chrétien et al. 2021, Mondani et al., 2021).
- ✓ Fanés trouvées porteuses de *Fp* et *Fox* (Chrétien, non publié).
- ✓ *Fp* déjà détecté dans la pluie (1 ref, Palmero et al, 2011)
- ✓ *Fp* présent dans le sol (Gaige et al. 2019)



CARACTÉRISATION DE SOUCHES DE *F. PROLIFERATUM* COLLECTÉES SUR AIL FRANÇAIS

Caractériser *Fp* pour ses traits impliqués dans le développement de la maladie



CARACTÉRISATION



Souches de *F. proliferatum* étudiées :

35 ail français (3 types d'ail, 3 années, 2 bassins)

6 ail Espagne

11 ail USA

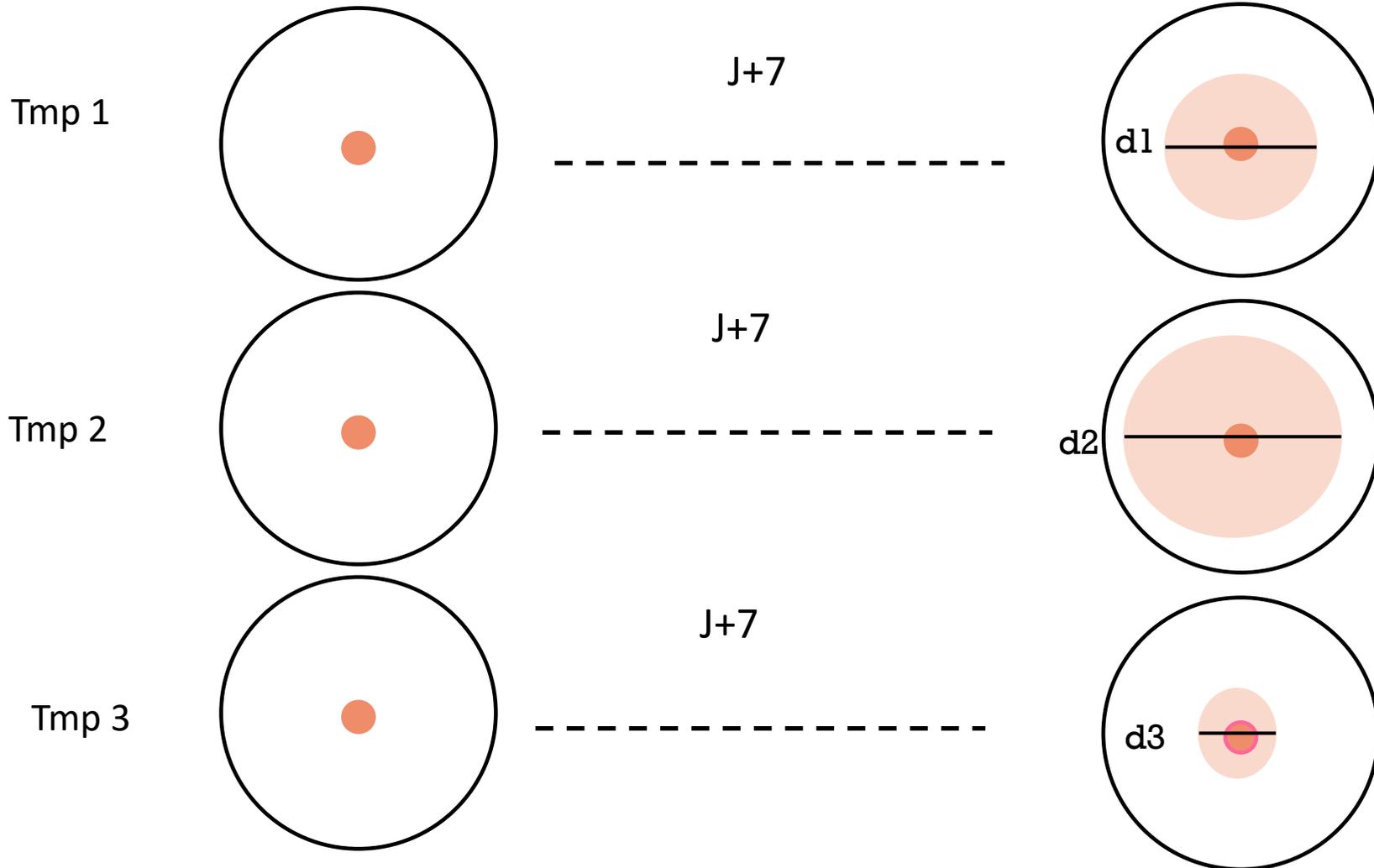
8 autres plantes

- Vitesse de croissance du mycélium
- Quantité de spores produites
- Capacité à produire des symptômes

- pH (4.5, 5, 6, 7, 8, 9)
- températures (4°C, 15°C, 21°C, 30°C, 35°C, 40°C)



VITESSE DE CROISSANCE ET SPORULATION



$$\frac{\text{diamètre}}{7} = \text{Vitesse (mm/j)}$$

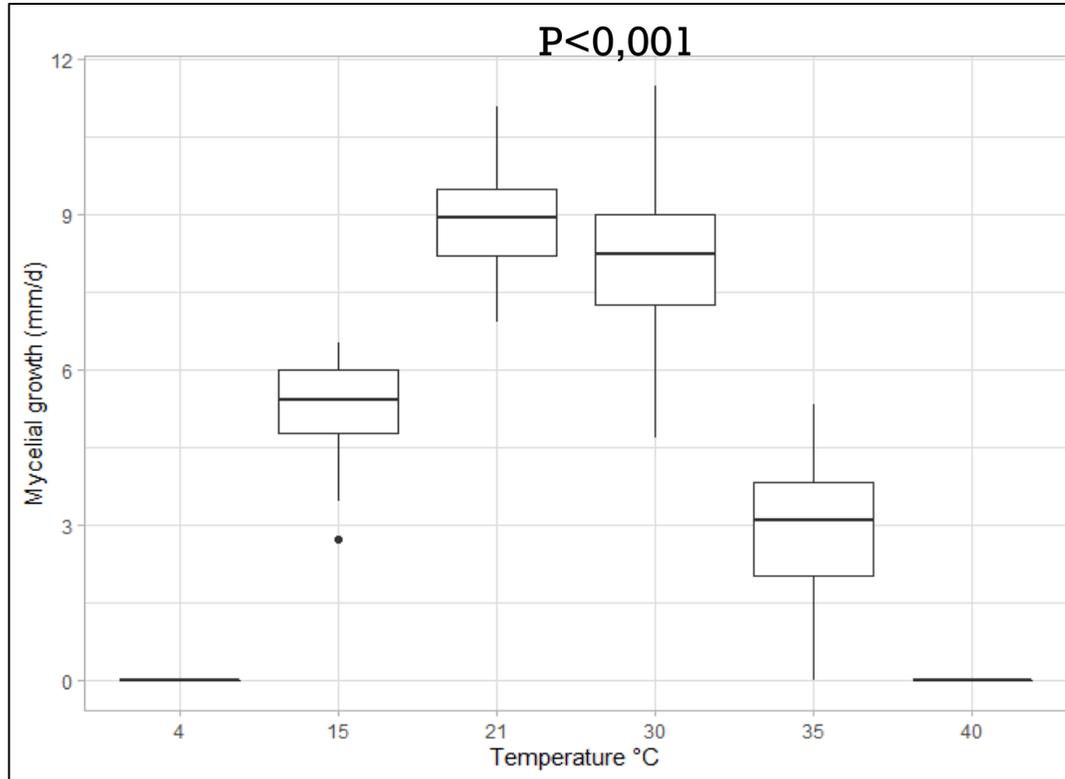
Nombre de spores
produites/boite de Petri
en 14 jours.



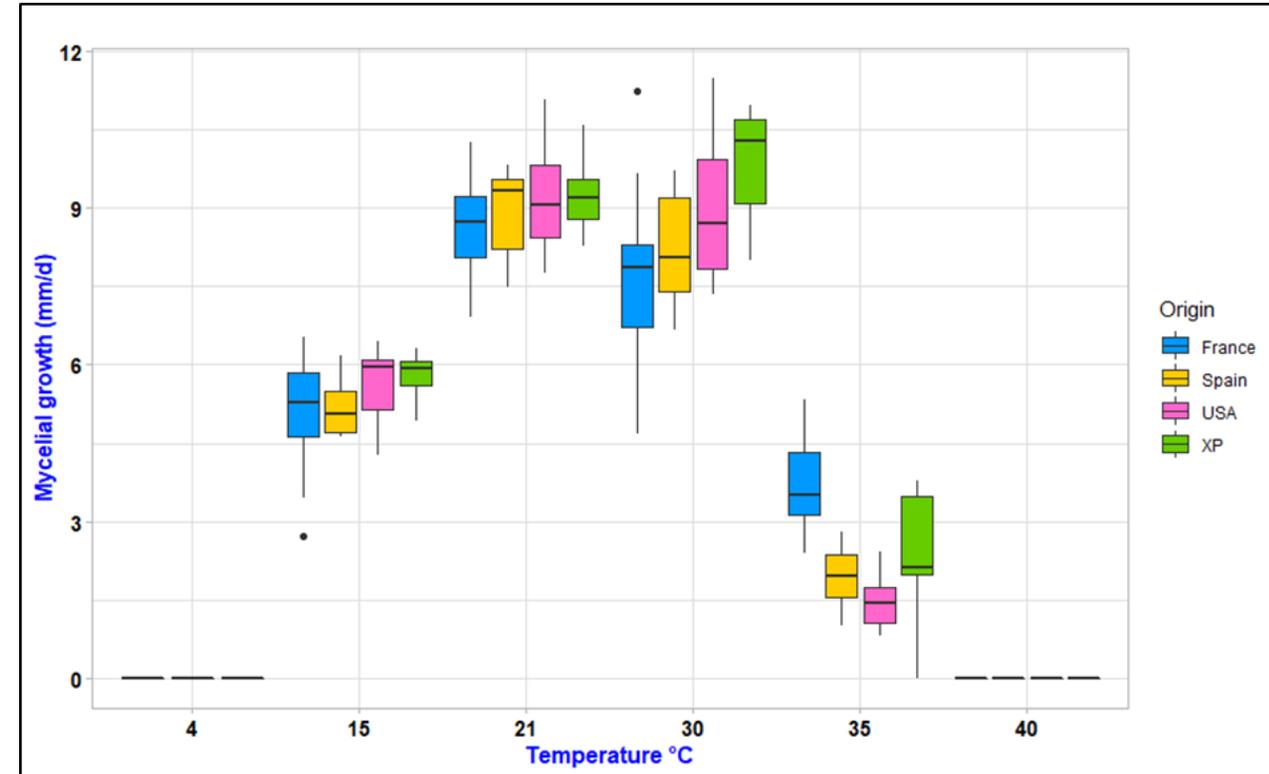
CROISSANCE MYCÉLIENNE



Effet de la température



Fp pousse à température élevée
Fp stoppé à 4°C mais pas mort.

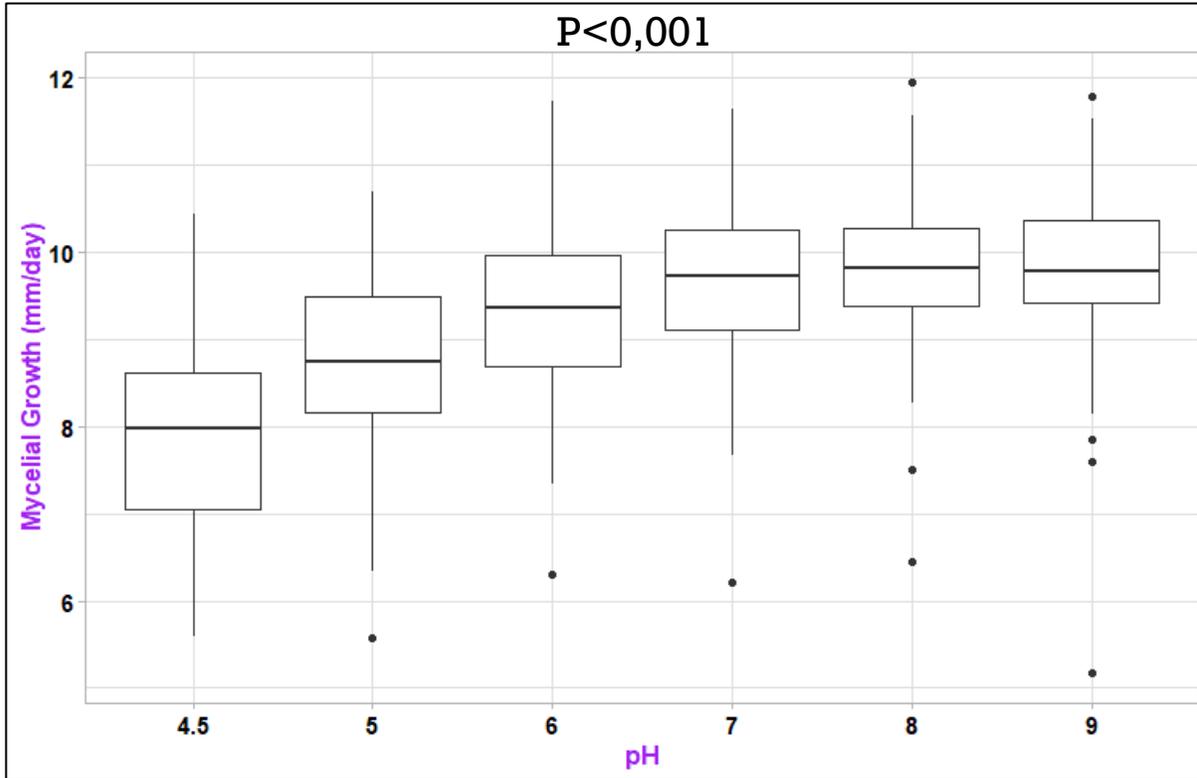


Souches françaises de *Fp* de l'ail ne se différencient pas significativement des autres ($P = 0,97$)

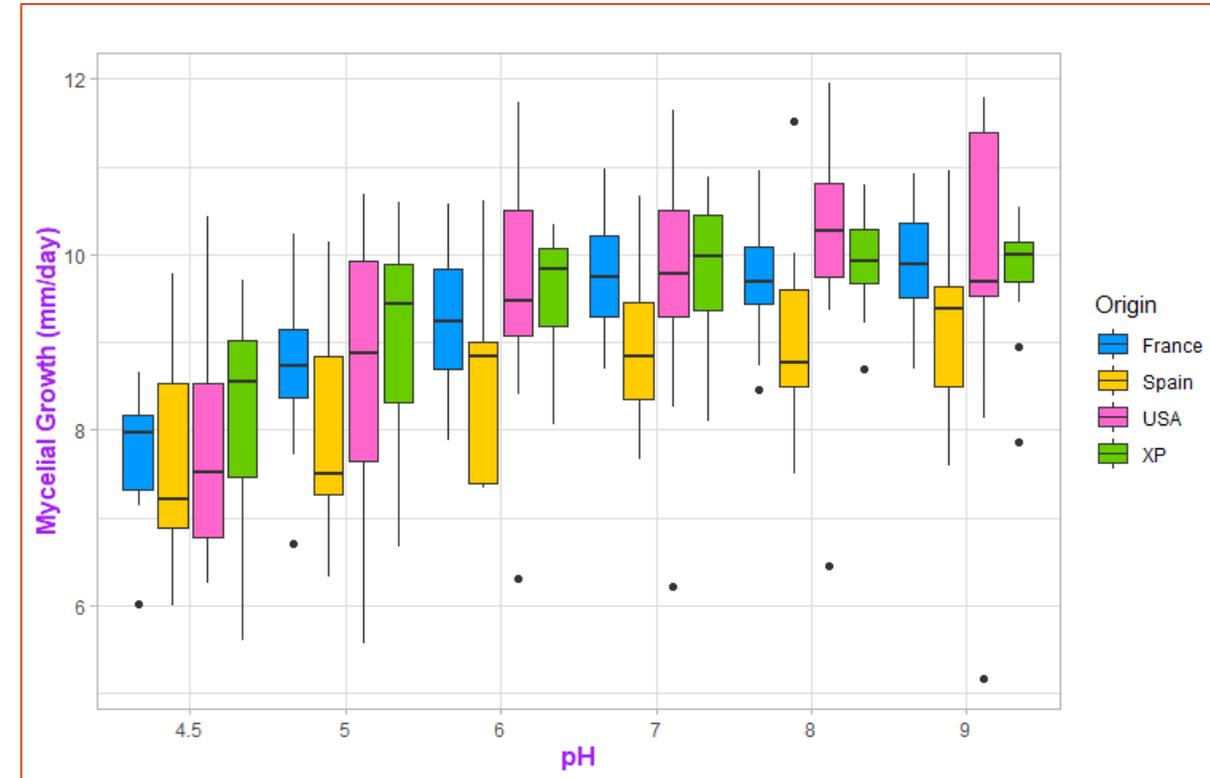


CROISSANCE MYCÉLIENNE

Effet du pH



Fp pousse mieux à pH basique.



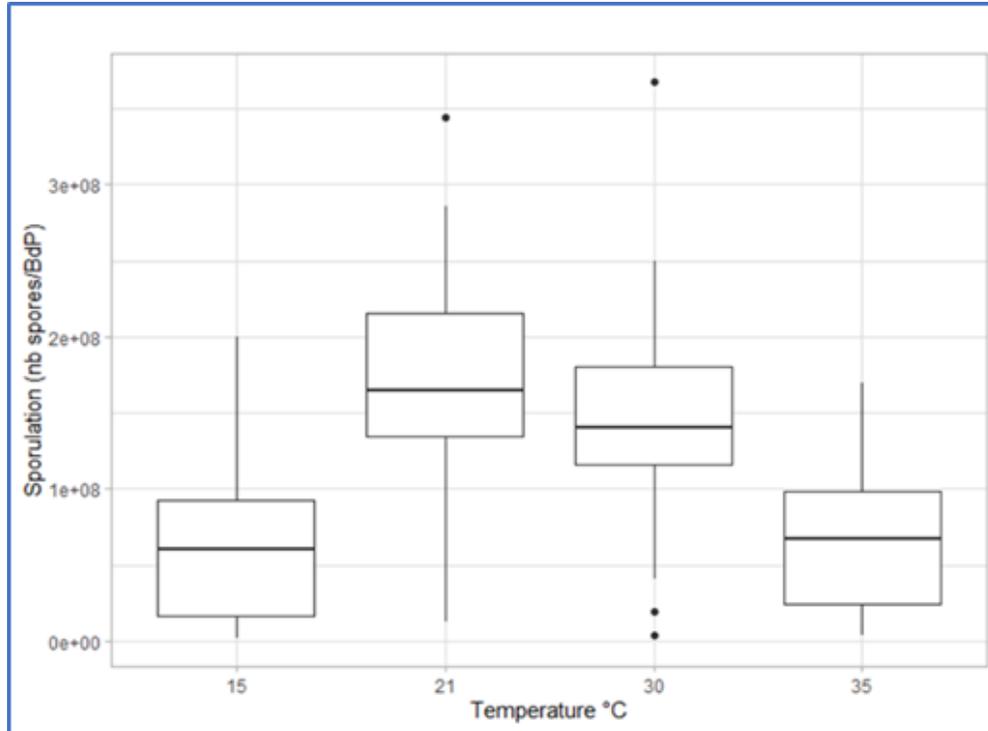
Souches françaises de *Fp* de l'ail ne se différencient pas significativement des autres.



SPORULATION



Effet de la température



Effet du pH

Pas d'effet significatif

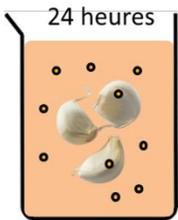
Pas de sporulation à 4°C et 40°C puisque que *Fp* ne pousse pas.
Fp sporule à température élevée.



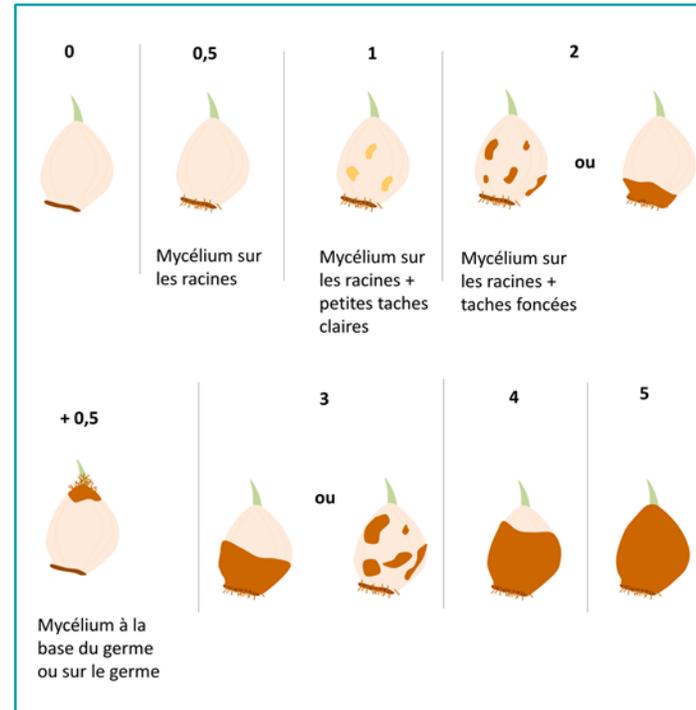
POUVOIR PATHOGÈNE



25 souches testées



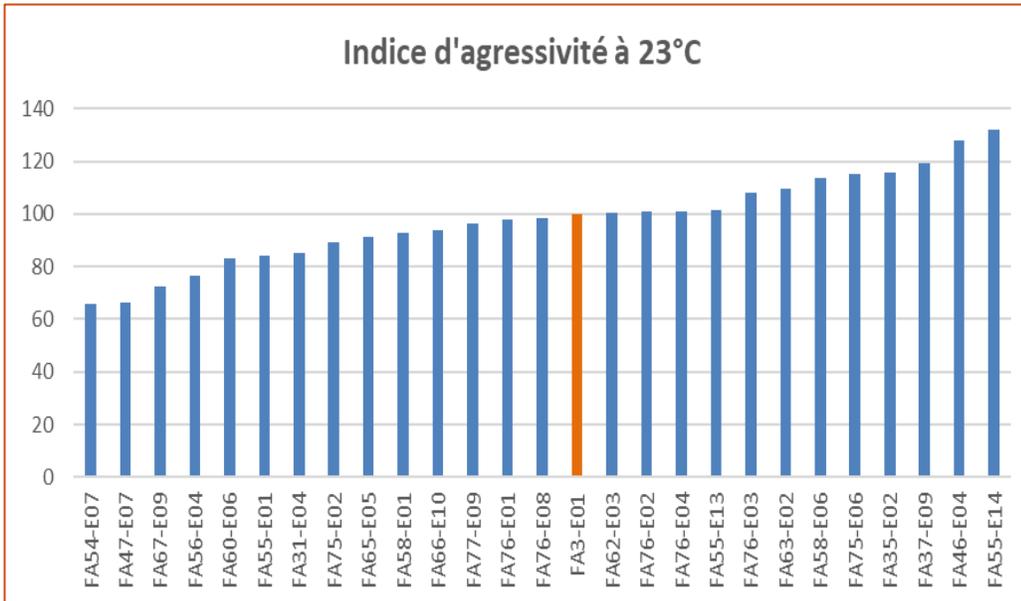
23°C vs 30°C



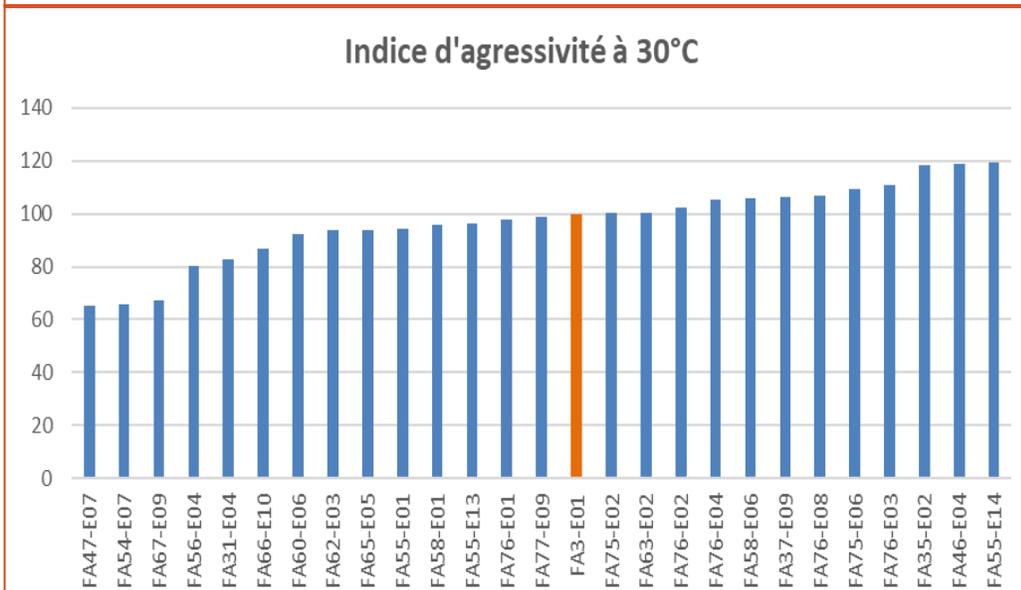
Pour chaque souche :
agressivité ramenée à celle de la souche de référence
→ indice d'agressivité



POUVOIR PATHOGÈNE



Toutes les souches se sont révélées agressives avec des indices d'agressivité de 60% à 120% (/souche ref)



La moitié des souches étaient plus agressives à 23°C qu'à 30°C et donc la moitié étaient plus agressives à 30°C qu'à 23°C.



CONCLUSION

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

 **MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**
*Liberté
Qualité
Proximité*



Les études réalisées en conditions contrôlées montrent que *F. proliferatum* est bien adapté aux conditions de culture et aux conditions de séchage/stockage de l'ail.



Screening des composts

Florence Arsonneau

Webinaire Projet SYNERGIES – Ail

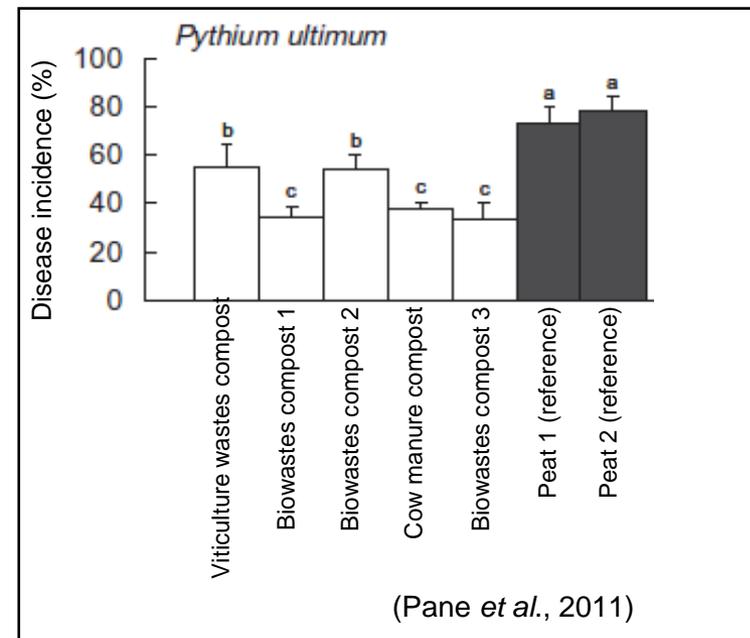
17/11/2022

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*

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

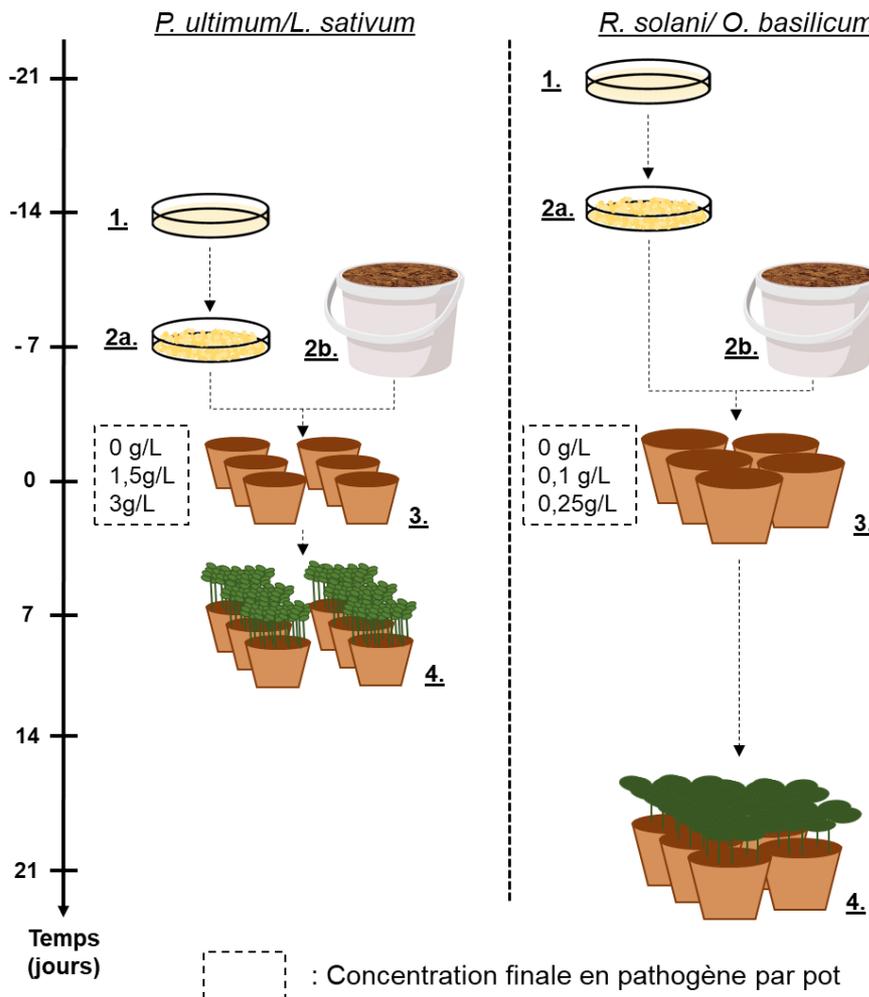


Matériel & méthodes

- 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).

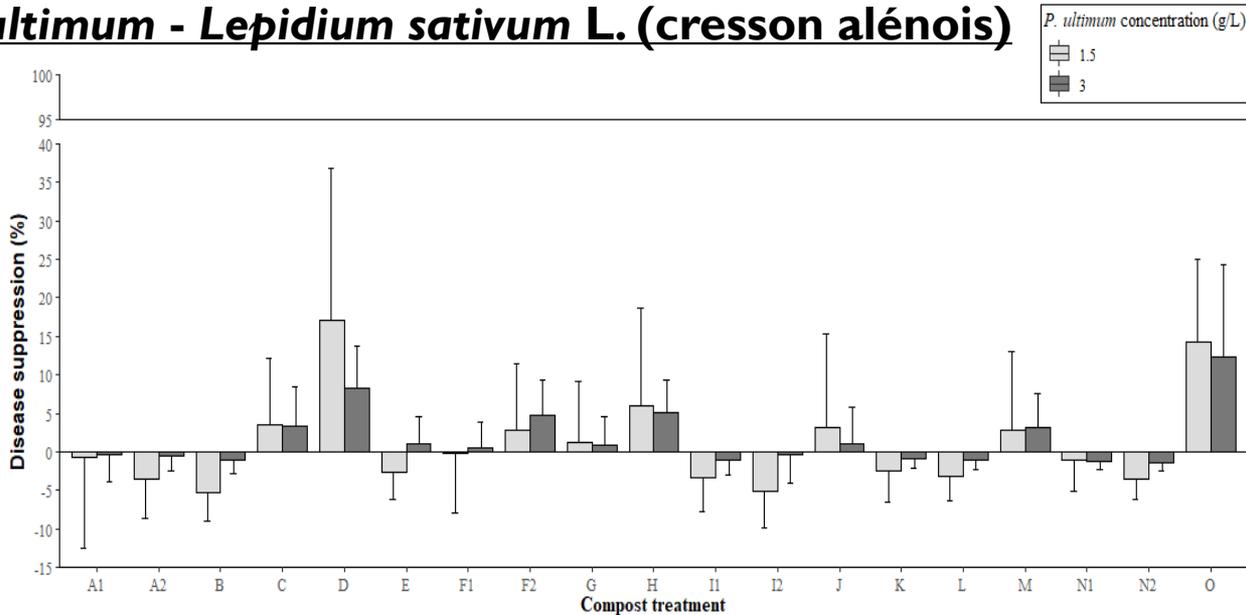
3 pathosystèmes :

- *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 ?

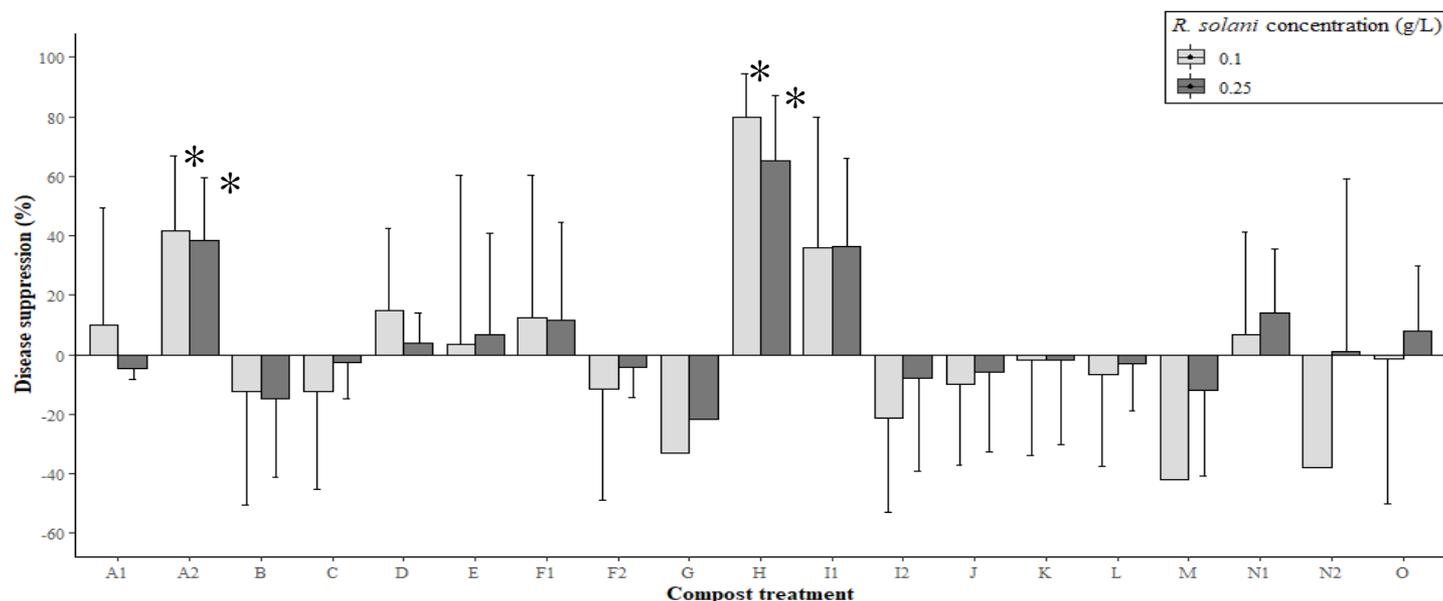
→ Trop faible activité biologique induite par les composts ? (non suivi dans le cadre de l'étude).

- **Variabilité importante**

→ Faibles doses d'apport !

Résultats

Rhizoctonia solani - Ocimum basilicum L. (basilic)



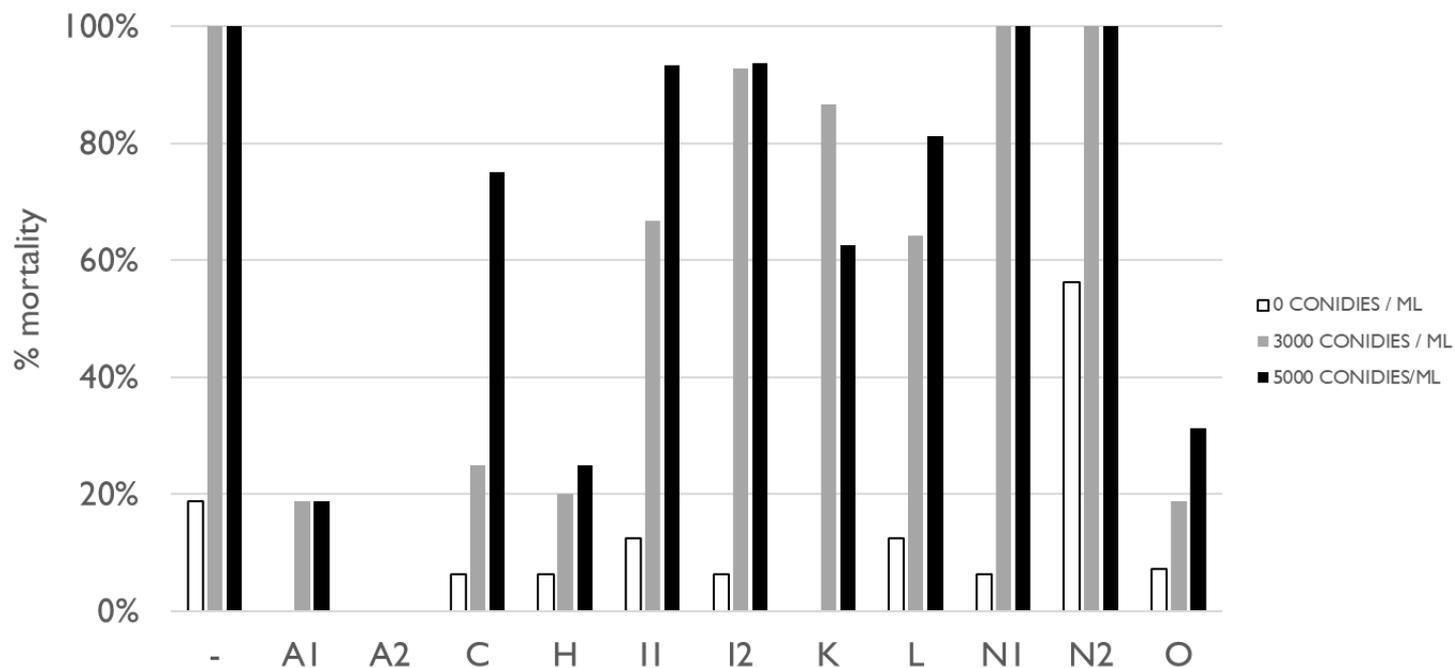
Suppression de *R. solani* après incorporation de différents échantillons de composts en substrats tourbeux. Moyennes de suppression rapportées au témoin \pm écarts-types. Deux concentrations en pathogènes (0.1 g/L, 0.25g/L).

- **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)
 - Immobilisation de l'azote à court terme ?
- **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



FiBL

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.

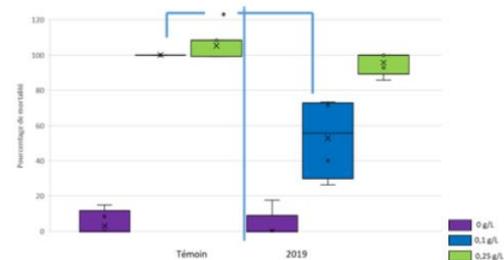
		Date d'entrée	20/05/2019
Paramètres physico-chimiques			
Humidité	%		33,9 ± 2,7
Matière sèche	%		66,1 ± 2,7
Matières minérales	% (MF)		37,2
Matières organiques	% (MF)		27,9
Carbone organique	% (MF)		14,017
Conductivité	mS/cm		1,5 ± 0,3
Teneur en sel	KCl équivalent (g/100g MS)		13,33 ± 2,58
pH			7,47 ± 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.

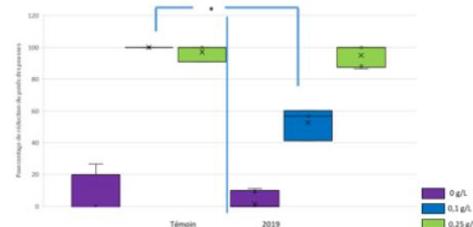
		1
Test cresson ouvert	(% de référence)	21
Test cresson fermé	(% de référence)	16,2
Teneur en sel KCl _{eq} (g KCl/1000g MS)		13,33 ± 2,58
Concentration à utiliser (v/v)		5 %

Tableau 2 : Valeurs des essais de phytotoxicité du compost.

Rhizoctonia solani :



Graphique 3 : Pourcentage de mortalité des pousses en présence de concentrations croissantes en *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 en *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



Fin 2019, toutes les analyses ne sont pas terminées, choix de composts sur informations partielles,

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

Compost II : compost **de déchets traités issus de l'industrie agroalimentaire** et de l'agriculture (Fumier de moutons, tourteaux végétaux (olive, café), pas de déchets urbains ni de déchets verts), produits dans le Tarn par une entreprise d'Engrais

Compost D: compost de **déchets verts** produits dans le sud de la Drôme

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

Ail - 2020



La fertilisation usuelle est utilisée comme base.

- Azote : 150 unités en blanc et violet et 110 unités en rose – Prévoir 2 ou 3 apports sans dépasser 50 unités par apport
- Phosphore : 100 unités
- Potasse : 200 unités

Quantité de compost: selon l'apport de phosphore

- Compost B : 14T/ha
- Compost II : 12,6T/ha
- Compost D : 22 T/ha

	Compost B	Compost I1	Compost D
% Matière Sèche	51,2	56,8	77,2
% Humidité	48,8	43,2	23
Phosphore: kg / T de MS	14,1	14	5,9
Phosphore: Kg / T de MF	7,2	8,0	4,6
Quantité compost pour un apport de 100 unité de Phosphore (en Tonne / Ha)	13,85	12,58	21,95
Potasse: kg / T de MS	15,1	18,5	13,3
Potasse: Kg / T de MF	7,7	10,5	10,3
Quantité de potasse apportée par le compost (en Kg/ha)	107,1	132,1	225,4
Fertilisation Potasse	réduire de 100kg/ha	réduire de 130 kg/ha	pas d'apports supplémentaires
Azote minéral: kg / T de MS	1,98	0,07	0,0195
Azote minéral: Kg / T de MF	1,01	0,04	0,02
Quantité d'azote apportée par le compost (en Kg/ha)	14,03	0,52	0,33
Fertilisation azotée	Réduire de 14 kg/ha la fertilisation azotée usuelle	Négligeable, quantité d'engrais non modifiée	Négligeable, quantité d'engrais non modifiée

Ail - 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

Compost	A2	H
% Matière Sèche	67,9	50,7
% Humidité	32,1	49,3
% Carbone organique sur MF	21,60%	20,56%
Quantité de compost apporté (en T/Ha)	15	15,8
Quantité de Phosphore amené (en kg/Ha)	45	133
Quantité de potasse apportée (en Kg/Ha)	91	202
Quantité d'azote total apporté (en Kg/ha)	10	220
Quantité de soufre apporté (en kg/Ha)	39	106

Tableau 1 : Quantités de fertilisants apportés par les composts

Equilibrer la fertilisation + le taux de carbone organique

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



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*



**70
ans**

Webinaire de restitution du projet SYNERGIES – Volet Ail Action 2 – Amélioration des connaissances sur les interactions sol – plante – micro-organismes en lien avec l'efficacité des leviers agroécologiques

CTIFL (Juliette Pellat ; juliette.pellat@ctifl.fr)

CEFEL (Françoise Leix-Henry ; leix-henry.cefel@orange.fr)

Chambre d'Agriculture de la Drôme (David Fortuné ; david.fortune@drome.chambagri.fr)

SERAIL (Claire Ducourouble ; ducourouble.serail@orange.fr)

17/11/2022

Objectif et méthode



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*

Objectif

Comprendre les processus impliqués dans l'efficacité des leviers agroécologiques mis en place selon les variables pédoclimatiques et selon les systèmes de culture.

Méthode

- Mise en place d'expérimentations en conditions contrôlées ; 
- Mise en place d'expérimentations en conditions de production ;   





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*

TROIS ANNÉES D'EXPÉRIMENTATION

Trois années d'expérimentation



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

FR
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité

Essais en conditions contrôlées



2019

Essais de leviers agroécologiques (composts + biocontrôle)

2020

Test de réceptivité des sols

2021

Essais de leviers agroécologiques (composts + biocontrôle)

Essais en conditions de production



2020

Essais de leviers agroécologiques (composts)

2021

Essais de leviers agroécologiques (composts)





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*

2019 – ESSAI EN CONDITIONS CONTRÔLÉES

Leviers étudiés



Compostage de végétaux ligneux.



Marc de raisin

Caractéristiques agronomiques différentes : EC, pH, teneurs en éléments fertilisants



Faciliterait l'enracinement et favoriserait la croissance des plants.

Trichoderma asperellum
souche T34

Deux apports : à la plantation puis 10 semaines plus tard



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

Matériel et méthode



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

Dispositif expérimental

- Tunnel plastique
- Pots plastiques de 10 L
 - 3 caïeux/pot
- Variété Edenrose
- Matériel fongique :
 - Suspension de la souche G45-1-2/1 de *Fusarium proliferatum*
 - Apport au bécher de 200 ml par pot à la plantation

Modalité	Description
M1	Témoin sain
M2	Témoin inoculé
M3	Compost Tradivert sain
M4	Compost Tradivert inoculé
M5	Marc de raisin sain
M6	Marc de raisin inoculé
M7	Asperello sain
M8	Asperello inoculé

Résultats

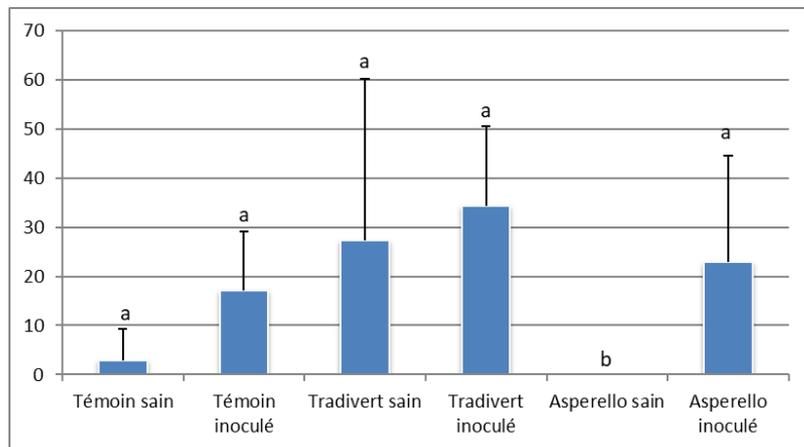


Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

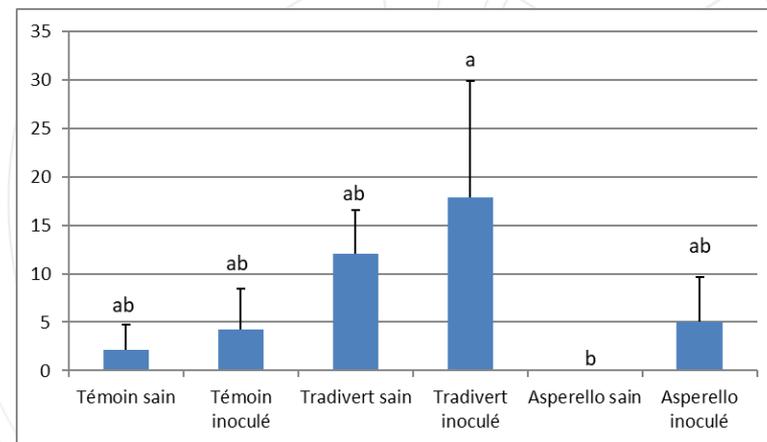
FRANCE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité

Fréquence des attaques



Intensité des attaques



Conclusion

- Phytotoxicité du compost de marc de raisin.
- Modifications de la structure des communautés microbiennes par les leviers ?
- Modalités saines atteintes : la fusariose est issue d'une autre source



Aucun des leviers agroécologiques testés ne permet de contrôler la fusariose de l'ail.



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*



2020 – ESSAI EN CONDITIONS DE PRODUCTION

Matériel et méthode & leviers étudiés



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

Variétés

- Flavor (SERAIL & CA 26) ;
- Iberose (CEFEL).

Modalité	Description
Témoin	Absence de levier agroécologique
Compost B	Apport du compost dans la raie de plantation, à la main.
Compost I1/I	
Compost D	

Compost B

Mélange de déchets verts et fumier de dinde

Compost I1/I

Déchets traités issus de l'industrie agroalimentaire et de l'agriculture (fumier de moutons, tourteaux végétaux)

Compost D

Déchets verts

Caractéristiques agronomiques différentes : EC, pH, teneurs en éléments fertilisants



Résultats

SERAIL & CA 26

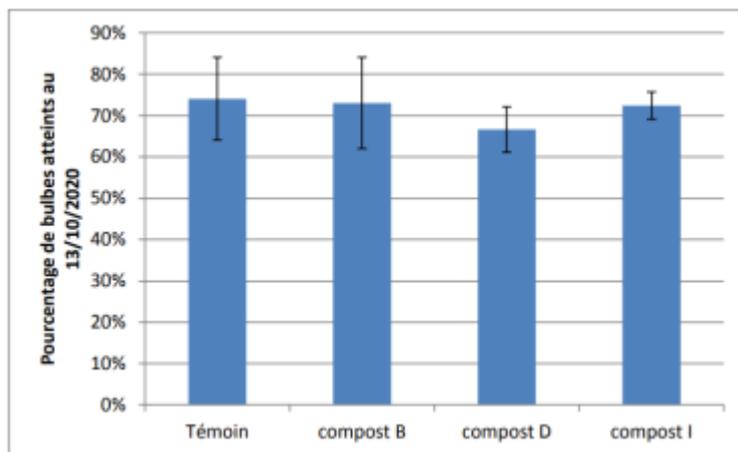


Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité

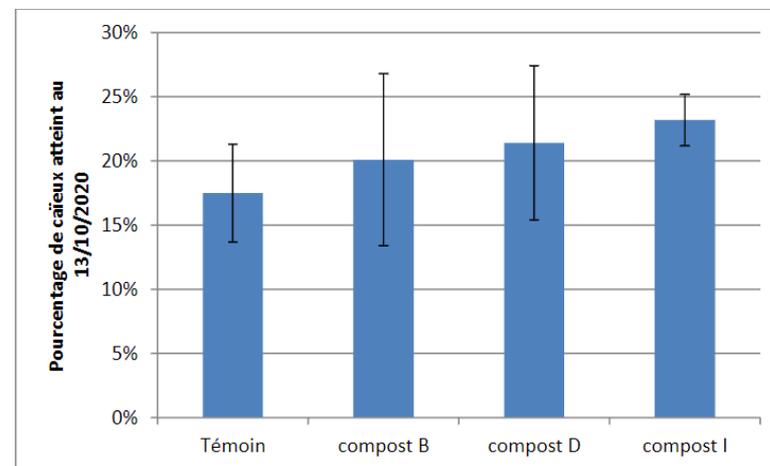
Fréquence d'attaque



13 octobre 2020

Après deux mois et demi de séchage

Intensité d'attaque



13 octobre 2020

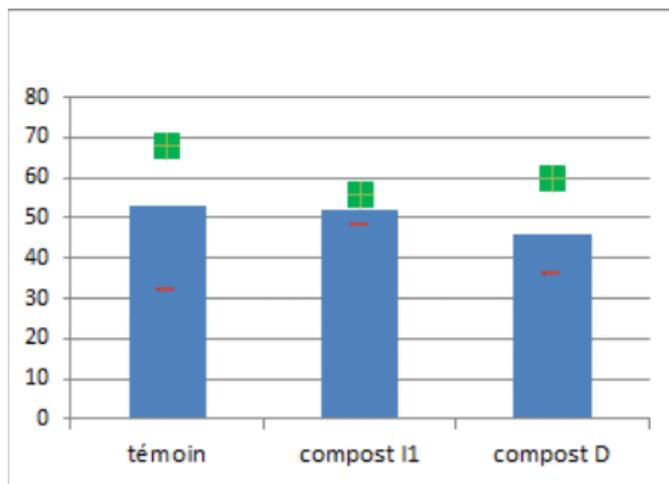
Après deux mois et demi de séchage



Résultats

CEFEL

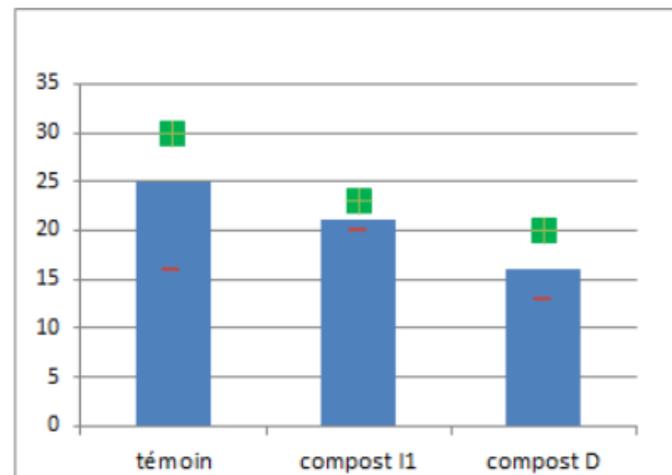
Fréquence d'attaque



14 octobre 2020

Après deux mois et demi de séchage

Intensité d'attaque



14 octobre 2020

Après deux mois et demi de séchage



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



Conclusion

- Aucun effet des composts évalués dans la Drôme ou dans le Tarn-et-Garonne.
- Epluchage individuel des caïeux qui peut conduire à une surestimation de l'intensité d'attaque.



Aucun des leviers agroécologiques testés ne permet de contrôler la fusariose de l'ail.



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

FR
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité



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*

2021 – ESSAI EN CONDITIONS CONTRÔLÉES

Leviers utilisés



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 Progrès

Plateforme de compostage

Adresse : Site écologique - RD 1075
38500 La Buisse

Compost A2
Compost de déchets verts



Compost H
Compost de marc de café, de pulpe d'olive, de feuilles de vigne, de marc d'oeillette et de pulpe de raisin

Trichoderma gamsii
ICC080 & *Trichoderma asperellum* souches ICC012 T25 et TV1

Deux apports : 15 jours avant plantation puis à la plantation



Matériel et méthode



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 Progrès

Dispositif expérimental

- Tunnel plastique
- Pots plastiques de 10 L
 - 3 caëux/pot
- Variété Edenrose
- Matériel fongique :
 - Souche G45-1-2/1 de *Fusarium proliferatum*
 - Apport sous forme de graines d'orge inoculées (10 g/litre de sol)

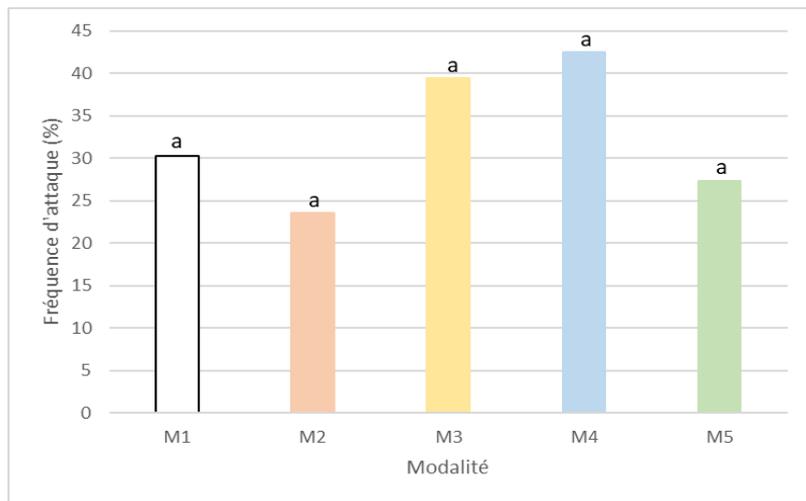
Modalité	Description
M1	Sol sans levier, inoculé
M2	Sol avec compost A2, inoculé
M3	Sol avec compost H, inoculé
M4	Sol avec compost H + BLINDAR, inoculé
M5	Sol avec compost A2 + BLINDAR, inoculé

Résultats

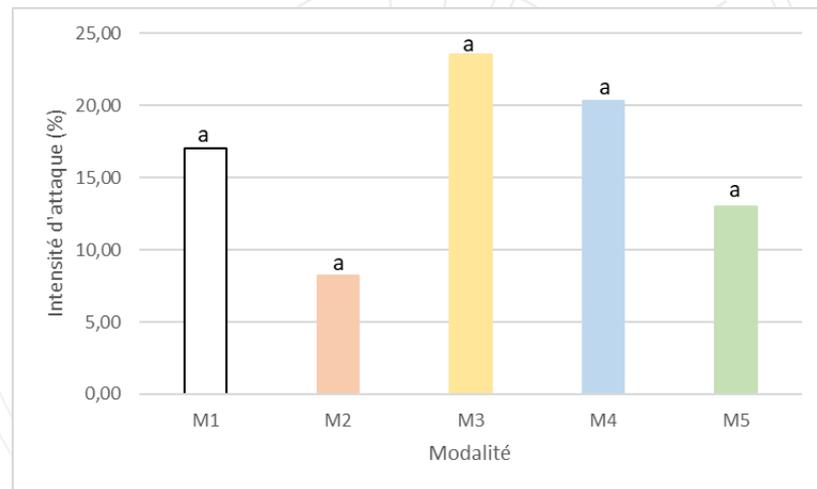
- M1 = Sol sans levier, inoculé
- M2 = Sol avec compost A2, inoculé
- M3 = Sol avec compost H, inoculé
- M4 = Sol avec compost H + BLINDAR, inoculé
- M5 = Sol avec compost A2 + BLINDAR, inoculé



Fréquence des attaques



Intensité des attaques



Conclusion



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



- BLINDAR augmente la vigueur des plantes.
- Le compost H augmente le poids moyen des têtes d'ail.



Aucun des leviers agroécologiques testés ne permet de contrôler la fusariose de l'ail.



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*

2021 – ESSAI EN CONDITIONS DE PRODUCTION

Matériel et méthode & leviers étudiés



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 Progrès

Variétés

- Clédor (SERAIL & CA 26) ;
- Iberose (CEFEL).

Modalité	Description
Témoin	Absence de levier agroécologique
Compost A2	Apport du compost dans la raie de plantation, à la main.
Compost H	

Plateforme de compostage

Adresse : Site écologique - RD 1075
38500 La Buisse

Compost A2
Compost de déchets verts

Compost H
Compost de marc de café, de pulpe d'olive, de feuilles de vigne, de marc d'oielette et de pulpe de raisin



Caractéristiques agronomiques différentes : EC, pH, teneurs en éléments fertilisants



Résultats

SERAIL & CA 26

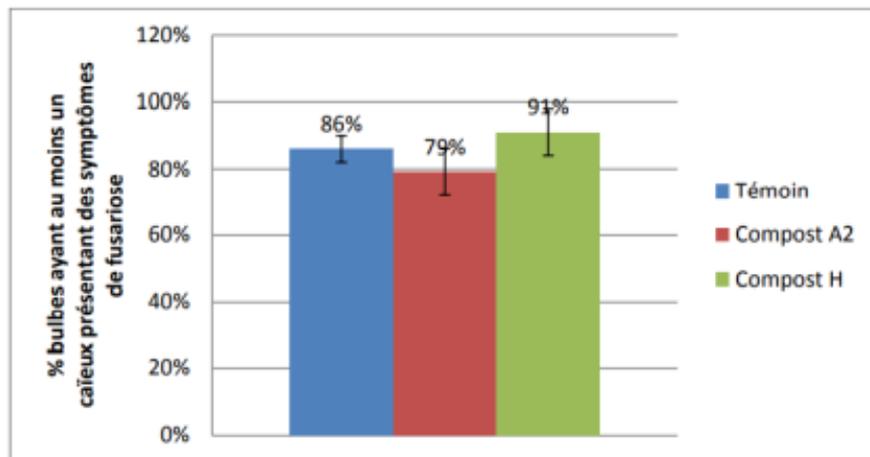


Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

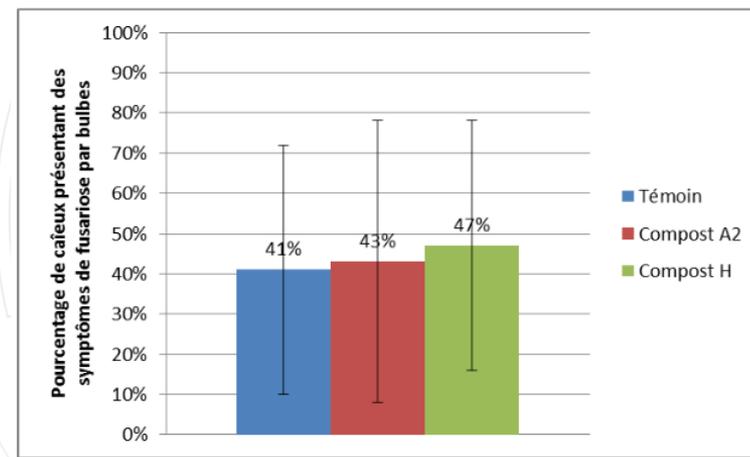
Liberté Égalité Fraternité

Fréquence d'attaque



Semaine 42
(18 – 22 octobre 2022)

Intensité d'attaque



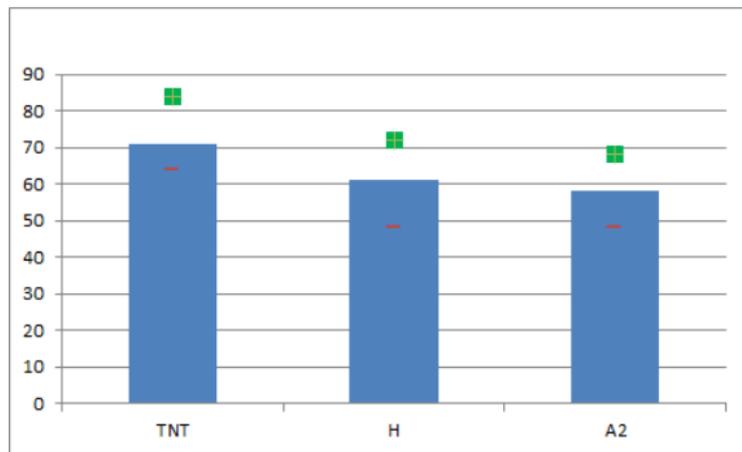
Semaine 42
(18 – 22 octobre 2022)



Résultats

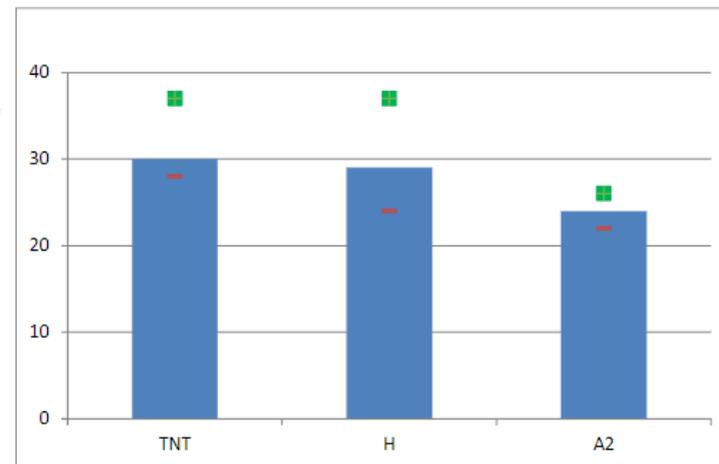
CEFEL

Fréquence d'attaque



20 octobre 2021

Intensité d'attaque



20 octobre 2021



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

FRANCE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité

Conclusion

- Le compost A2 serait légèrement plus intéressant pour gérer la fusariose dans la Drôme.
- Les deux composts auraient tendance à réduire les symptômes de fusariose dans le Tarn-et-Garonne.
- Les composts A2 et H limitent le développement de la fusariose.



Aucun des leviers agroécologiques testés ne permet de contrôler la fusariose de l'ail.



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*

Conclusion générale



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

- *Fusarium proliferatum* n'est pas uniquement tellurique
 - Phase endophyte.
- Les capacités suppressives des composts agissent sur le sol cultivé
- Les produits de biocontrôle étudiés ont un mode d'action préventif, visant à empêcher la pénétration de l'agent pathogène dans la plante
 - Inefficace contre un agent pathogène déjà présent dans le matériel végétal.



Hypothèse de départ erronée.
Nécessité de connaître davantage le cycle de développement de *Fusarium proliferatum*



70
ans

Réussir aujourd'hui, c'est imaginer demain.

CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL
DES FRUITS ET LÉGUMES



Pour en savoir plus
www.ctifl.fr

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*

Action financée par





Projet SYNERGIES

Essai pédagogique en Lycée agricole

Florence Arsonneau, Directrice
Webinaire SYNERGIES sur l'Ail
17/11/2022

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*

Essai pédagogique en Lycée agricole

EPL Montauban, Classe BTS (sur 2 ans)

Visite CEFEL

5 modalités étudiées :

- Terre brute non inoculée: **TB**
- Terre brute + Compost A2 : **A2** : compost de **déchets verts** produit dans l'Isère
- Terre brute + Compost H : **H** : composts issus de **déchets agroalimentaires** : de marc de café, pulpe d'olive, feuilles de vigne, pulpe de raisin (produits achetés), produit dans le Tarn par une entreprise d'engrais organiques
- Terre brute + BLINDAR : **BLI** : Biocontrôle à base de *Trichoderma*
- Terre stérilisée non inoculée: **TS**

Nombre de pots / modalité :

- **10** pour les modalités **TB, A2, H et TS** soit 40 pots au total.
 - **8** pour la modalité **BLI**
- 10L de Terre / pot**

Mise en place de l'essai:



- Prélèvement de la terre le 17/12/20 (terre de l'exploitation du CTIFL)
- Stérilisation Modalité TS: 2 x 4h à 80°C (100L de terre)
- Mise en pot entre le 11 et 18/01
- Quantité Compost: Env. 15 T/Ha soit env. 1,8 L / pot sur les 5-10cm supérieur
- BLINDAR: 2 applications, 10-15jr avant puis jour de plantation
- Inoculation Fusariose avec grains d'orge. 100gr/pot
- 3 caïeux / pot. Plantation le 11/01 et 01/02(BLI)
- Ferti minérale pour équilibrer (1 ou 2 apports)
- Traitement anti-rouille le 4 Avril



Quelques observations:

Récolte vers le 8 Juin, Séchage et notations Début-Mi Octobre

- Des bulbes de petites tailles,
- Très peu de mortalité
- Une attaque de rouille en mars (malgré un traitement préventif) a causé la perte de feuillage, un second traitement curatif a été nécessaire.
- La terre locale de type limoneuse n'a pas été favorable au développement des bulbes (tassement dans les pots).
- Le contrôle climatique de la serre, assez sommaire, n'a pas été assez pointu pour éviter quelques excès de chaleur en avril mai et malgré un arrosage non limitant, il y a eu un dessèchement prématuré du feuillage à partir de début juin

Notation poids

Pas de différence significatives

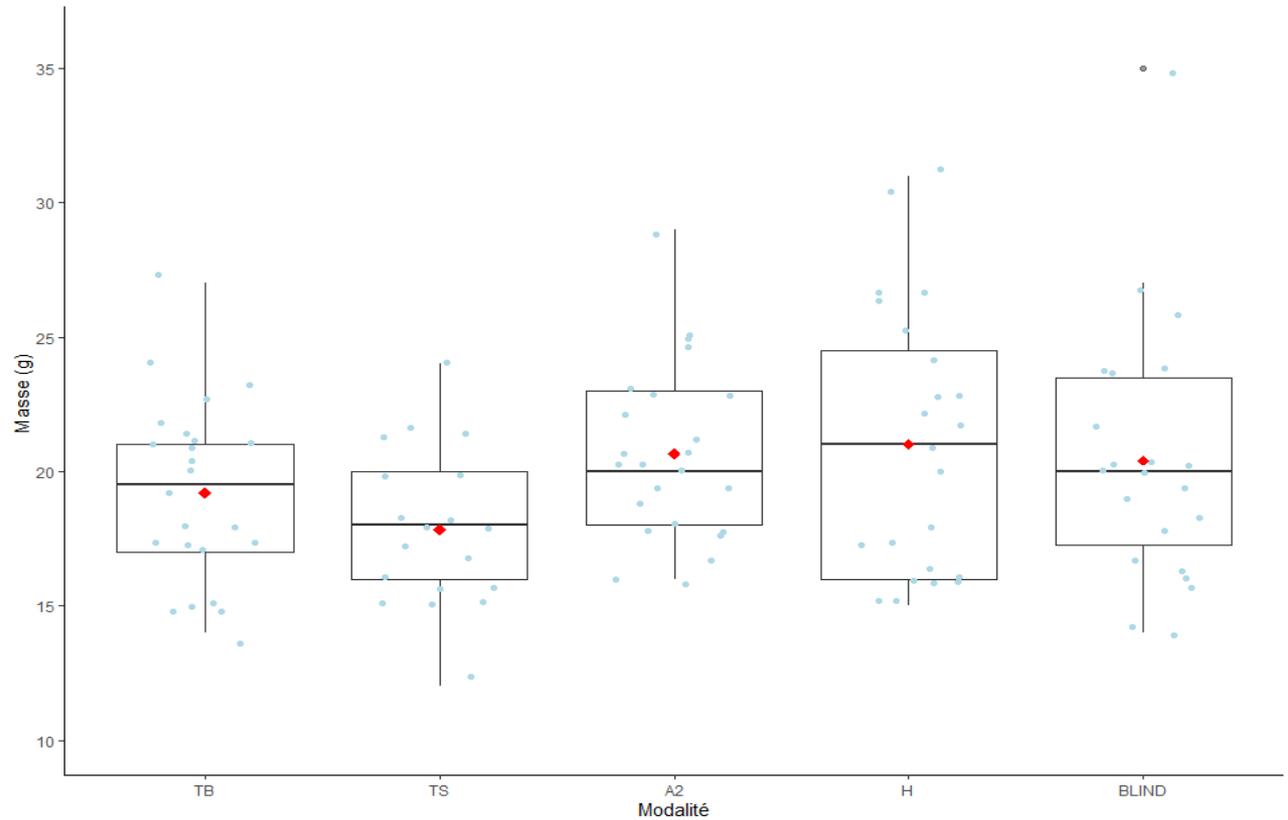


Figure 1 : Masse des bulbes pour les différentes modalités testées. Barres noires : médianes, losange rouge : moyenne

Notation symptômes

Pas de différence significatives

Entre TB et TS, tendance à + de Fusa dans TB ($0.05 < p = 0.104 < 0.1$) ... présent dans sol en + des bulbes ?

Tendance entre TB & BLIND ($0.05 < p = 0.068 < 0.1$) mais non significatif. ET Témoin pas valide (non inoculé)

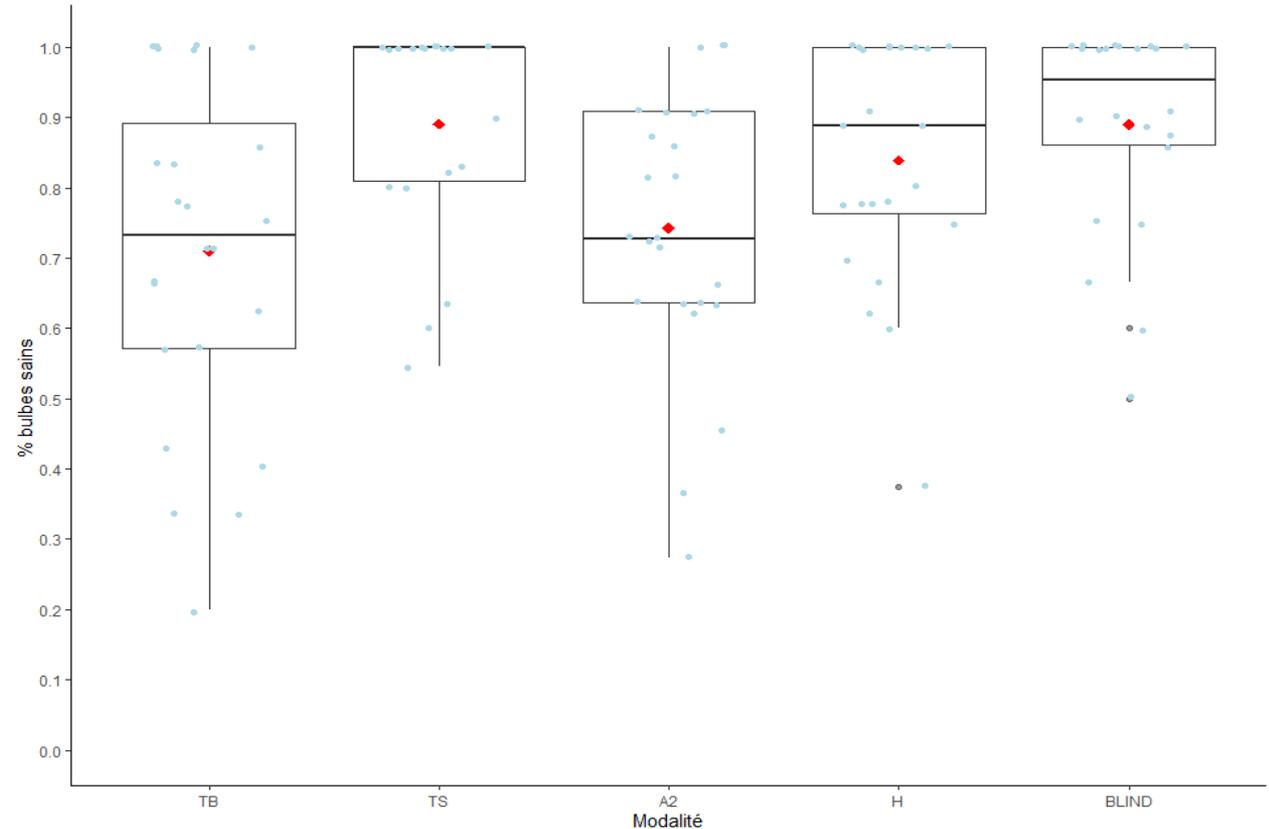


Figure 2: pourcentage de bulbes infectés pour les différentes modalités étudiées, barres noires : médianes, losange rouge : moyenne

Intervention dans la Classe: 25 Janvier 2022



Par Zoom.

→ Interventions thématiques et interventions métiers



Anne Laure Fuscien (Chambre d'Agriculture) : La filière Ail et ses enjeux

Christian Steinberg (INRAE) : Interaction Plantes et Microorganismes

Juliette Pellat (CTIFL) : La « fatigue » des sols en culture maraîchère

Jacques Fuchs (FiBL) : Compost et santé des plantes

Fiche Pollen

- Témoigner d'une innovation pédagogique en Lycée agricole et de capitaliser sur les apprentissages.
- Faire un bilan pédagogique de l'action, et de le partager au sein de la communauté enseignante

<https://pollen.chlorofil.fr/toutes-les-innovations/monparam/4887/>



Le partage des innovations pédagogiques de l'enseignement agricole



ChloroFil
Par et pour les professionnels de l'enseignement agricole

Témoignages	Guides	Accompagnements	Rencontres	Recherche & Pédagogie	Documentation	Cont...
-------------	--------	-----------------	------------	-----------------------	---------------	---------

[Pollen](#) > Liste des actions

Liste des actions

La mise en place d'une expérimentation sur la fusariose de l'ail : un support d'apprentissage pour la filière BTS productions horticoles au lycée agricole de Montauban

Lycée agricole de Montauban, Occitanie

1915 route de Bordeaux

82000 Montauban

Tél : 0563212323

Site web : <https://campusterreetvie.mon-ent-occitanie.fr/lycee-agricole-de-montauban/>

Responsable : Michel Lartigue , michel.lartigue@educagri.fr

Rédacteur de la fiche : Michel Lartigue, Enseignant Agronomie

DESCRIPTION SYNTHETIQUE DE L'ACTION

Contexte de l'action

La classe de **BTS productions horticoles** a intégré le projet « **SYNERGIES** ». Ce dernier rassemble des **partenaires** comme des **Instituts techniques** (Acta, CEFEL, CTIFL, ITAB), des **Instituts de recherche** et d'enseignement supérieur : INRA (UMR AgroEcologie), CNRS (UMR Écologie Microbienne), des organismes de **conseil et de développement agricole** : Chambres d'Agriculture départementales Tarn, Tarn-et-Garonne, Haute-Garonne, Drôme, un **organisme de recherche et de vulgarisation** : **FiBL** France et un **établissement d'enseignement agricole** : EPLEPPA du Tarn-et-Garonne à Montauban (82).

Ce projet a pour but d'**étudier la maîtrise des maladies telluriques provoquées par les champignons de types Fusarium**

Quelques conclusions...



Cette action a permis **aux étudiants d'acquérir** :

- Des savoir-faire (rédiger un protocole, raisonner une fertilisation, conduire un suivi, faire des notations, interpréter les résultats...),
- Des savoir-être (prendre des initiatives, travail en équipe)
- Des savoirs-informatifs (en agronomie, en biologie, en mathématiques)

Aussi ce projet a permis de mettre en relation les étudiants avec les professionnels,

Opportunité pour retravailler le module pédagogique portant sur l'expérimentation: le projet SYNERGIES a apporté une thématique de travail contextualisé dans une problématique agricole actuelle, un cadre et un soutien à la mise en place de l'expérimentation.

Webinaire: un vrai espace d'ouverture et d'échange.

« La classe a apprécié les contenus et la qualité des interventions. Il y a eu de vrais échanges entre eux et ça a très bien fonctionné », M. Lartigue

Contact

Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL)

FiBL France

Pôle Bio – Ecosite du Val de Drôme

150 Avenue de Judée

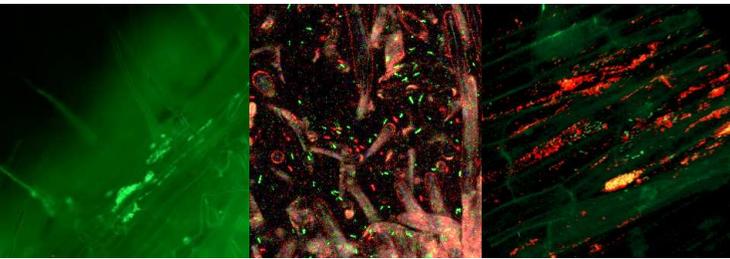
26400 Eurre, France

+33(0)4 75 25 41 55

www.fibl.org

Florence Arsonneau, Directrice

florence.arsonneau@fibl.org



Lyon 1 INRAE



VetAgro Sup



écologie
microbienne
Lyon



Centre d'Etude des Substances Naturelles



Métabolomique des plantes : des perspectives ?

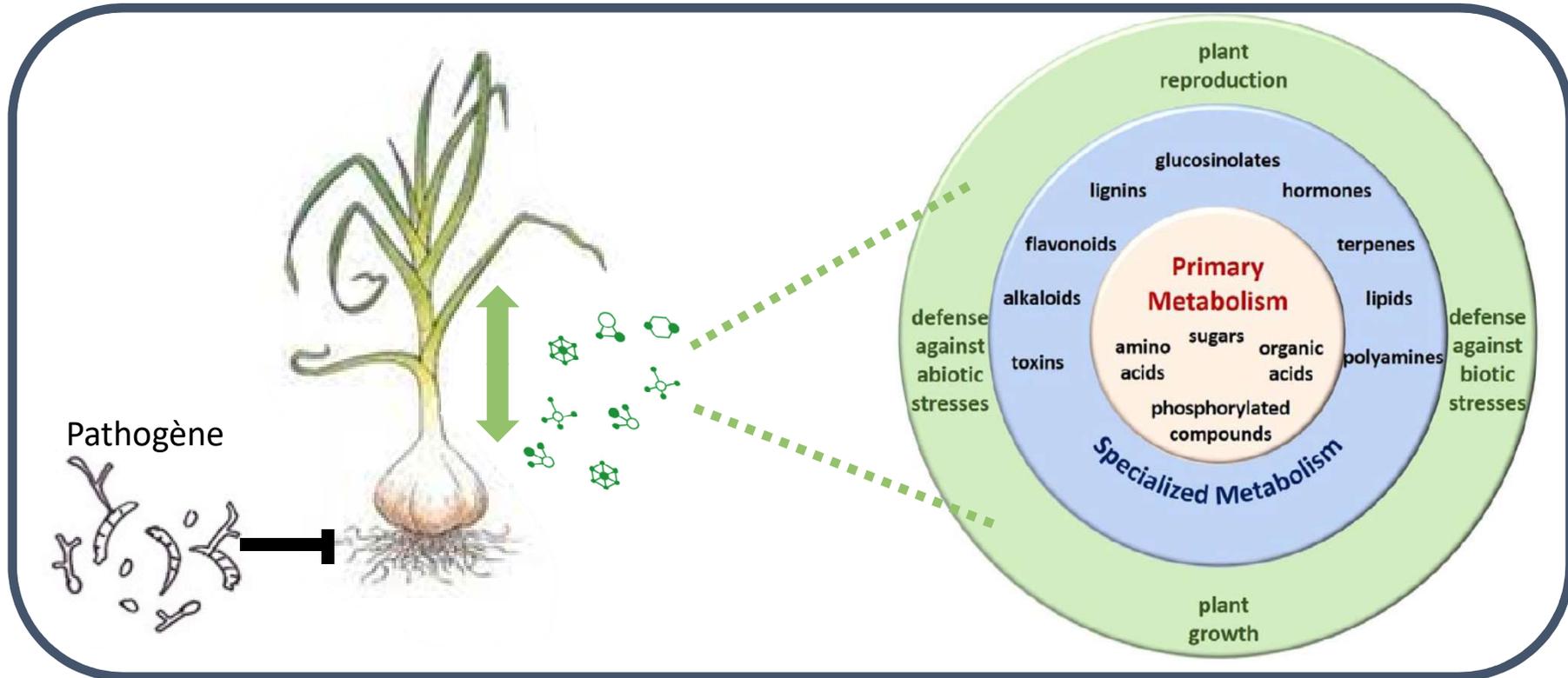
C. PRIGENT-COMBARET DR CNRS

M. REY IE CNRS

Ecologie Microbienne, Univ. Claude Bernard Lyon1



Le métabolisme spécialisé des plantes



Lorsque les plantes se défendent contre l'attaque de pathogènes des modifications majeures de leur **métabolisme spécialisé** ou **secondaire** (phytoalexines, acide hydroxycinnamique, etc) sont observées.

Métabolisme spécialisé et fusariose de l'ail

L'ail (*Allium sativum*)

- Culture à forte valeur ajoutée
- Enjeux économiques majeurs pour les exploitants

La fusariose de l'ail (*Fusarium proliferatum*)

- Apparition tardive des symptômes : au stockage sans apparition de signes distinctifs de maladie au champ tout au long de la culture
- Jusqu'à 80% de pertes sur certains lots (Chrétien *et al.*, 2020)



Métabolisme spécialisé et fusariose de l'ail

L'ail (*Allium sativum*)

- Culture à forte valeur ajoutée
- Enjeux économiques majeurs pour les exploitants

La fusariose de l'ail (*Fusarium proliferatum*)

- Apparition tardive des symptômes : au stockage sans apparition de signes distinctifs de maladie au champ tout au long de la culture
- Jusqu'à 80% de pertes sur certains lots (Chrétien *et al.*, 2020)



Peut-on identifier des métabolites végétaux pouvant servir de marqueurs de fusariose à des stades précoces de croissance des aulx?

Métabolisme spécialisé et fusariose de l'ail

L'ail (*Allium sativum*)

- Culture à forte valeur ajoutée
- Enjeux économiques majeurs pour les exploitants

La fusariose de l'ail (*Fusarium proliferatum*)

- Apparition tardive des symptômes : au stockage sans apparition de signes distinctifs de maladie au champ tout au long de la culture
- Jusqu'à 80% de pertes sur certains lots (Chrétien *et al.*, 2020)



Peut-on identifier des métabolites végétaux pouvant servir de marqueurs de fusariose à des stades précoces de croissance des aulx?



Hypothèse: Métabolome de l'ail serait modifié en présence de *F. proliferatum*, y compris dans sa forme non-symptomatique

Métabolisme spécialisé et fusariose de l'ail

L'ail (*Allium sativum*)

- Culture à forte valeur ajoutée
- Enjeux économiques majeurs pour les exploitants

La fusariose de l'ail (*Fusarium proliferatum*)

- Apparition tardive des symptômes : au stockage sans apparition de signes distinctifs de maladie au champ tout au long de la culture
- Jusqu'à 80% de pertes sur certains lots (Chrétien *et al.*, 2020)



Peut-on identifier des métabolites végétaux pouvant servir de marqueurs de fusariose à des stades précoces de croissance des aulx?



Hypothèse: Métabolome de l'ail serait modifié en présence de *F. proliferatum*, y compris dans sa forme non-symptomatique



Axe 2 – Tâche 2-1



Objectif: Caractérisation du métabolome de l'ail dans les essais du projet Synergies

- en conditions contrôlées
- au champ où l'effet suppressif de composts a été évalué

Démarche expérimentale

Modalités comparées

1



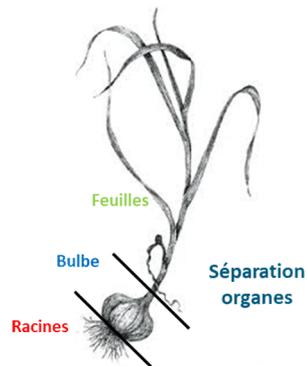
2



3



Préparation des échantillons



Feuilles
(n=15)



Bulbes
(n=15)



Racines
(n=15)

+ Lyophilisation
broyage

Extraction méthanol

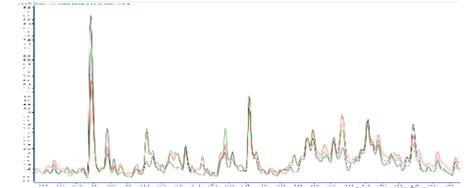


LC-DAD-QTOF (Modes +/-)



- Phases mobiles : eau et acétonitrile (polarité)
- Phase stationnaire : colonne silice greffée C18

Métabolomique non ciblée



Comparaison de profils

Traitement des données avec

4
 W_m

= intensité ions à un temps
de rétention donné



- Analyses statistiques **multivariées** non supervisées (**ACP**) et supervisées (**PLS-DA**)
- Identification par rapport aux bases de données (locales, bibliographie, données MS/MS)

Tests de pathogénicité en conditions contrôlées (CTIFL Balandran)

2020



MODALITES TESTEES (pour Analyses de Métabolomique)

- | | |
|----|---|
| C | Sol non-stérile non-infecté par <i>F. proliferatum</i> |
| C1 | Sol non-stérile infecté avec 5 g de graines d'orge inoculé/L |
| C2 | Sol non-stérile infecté avec 20 g de graines d'orge inoculé/L |

Conditions expérimentales

- *F. proliferatum*, souche G45-1-2/1.
- Inoculation : graines d'orge inoculées avec *F. proliferatum*
- Variété : **Edenrose**
- Sol prélevé en parcelle AB
- Essais sous tunnel (5 blocs x3 plantes /modalités)



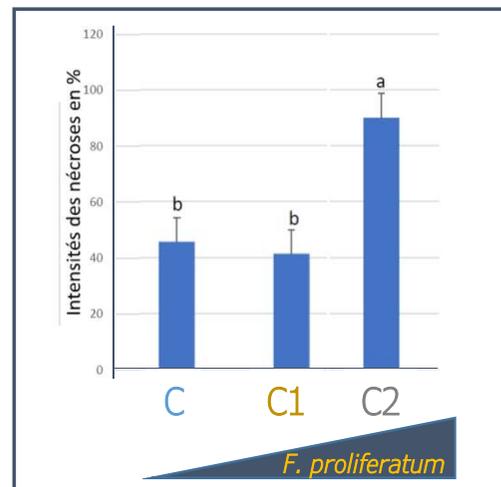
Echantillonnage:

- Au stade 6 feuilles pour les analyses du métabolome dans les compartiments feuilles, bulbes, racines
- Au CTIFL: suivi de la croissance, de l'état sanitaire des plantes et après récolte stockage des aulx pour analyse des symptômes

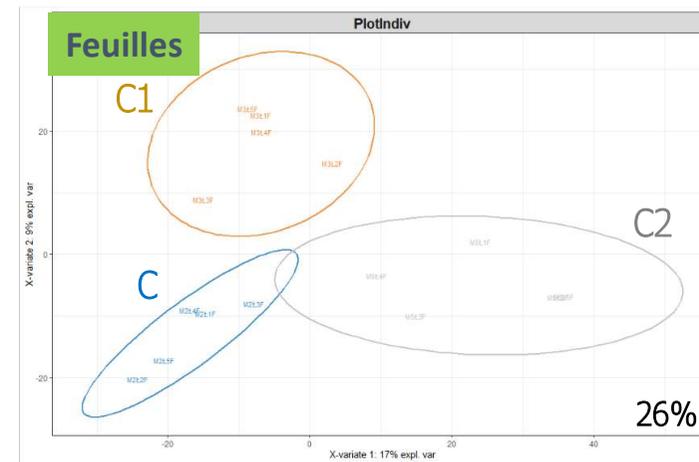
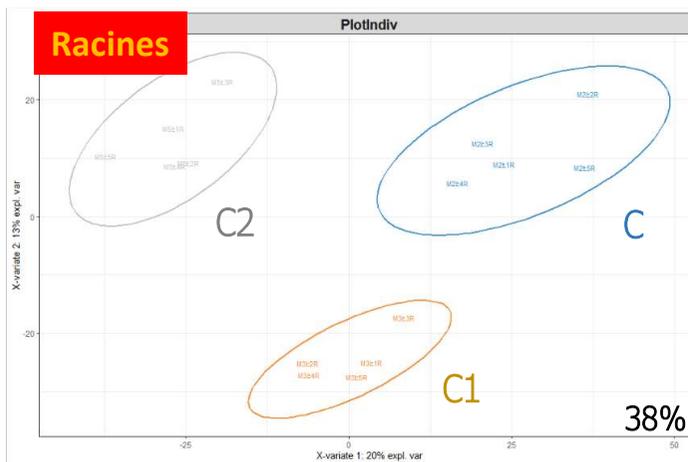
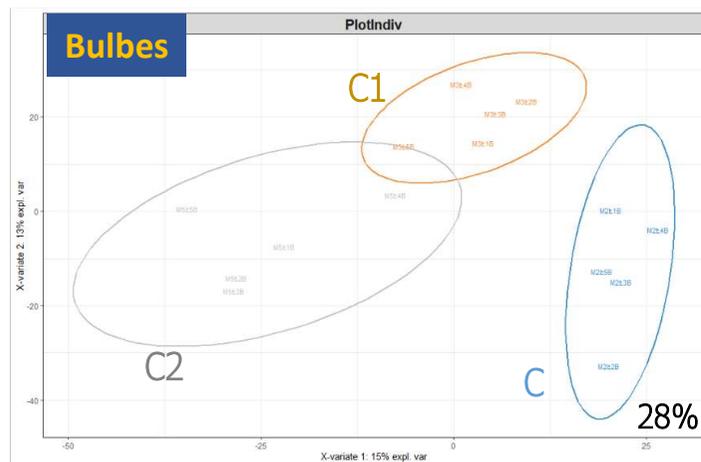
Recherche de marqueurs précoces de fusariose de l'ail



Niveau de maladie après stockage:



Comparaison des profils métaboliques dans les différents tissus (PLS-DA)



→ Séparation nette des métabolomes en fonction de la **taille de l'inoculum** dans tous les tissus

Recherche de marqueurs précoces de fusariose de l'ail

➤ Identification des 20 ions ("composés") impliqués dans la séparation des métabolomes dans les différents tissus

Ions	Racines	Bulbes	Feuilles
3	x	x	x
4	x		x
8	x	x	
9	x	x	
15	x	x	
21		x	x
22		x	x
1	x		
7	x		
10	x		
11	x		
12	x		
13	x		
17	x		
5		x	
6		x	
2		x	
14		x	
16		x	
18		x	
20		x	
19			x

	Plus abondant en C2 (=20g d'orge inoculé) vs C (non-inoculé)
	Moins abondant en C2 (=20g d'orge inoculé) vs C (non-inoculé)

Recherche de marqueurs précoces de fusariose de l'ail

➤ Identification des 20 ions ("composés") impliqués dans la séparation des métabolomes dans les différents tissus

Ions	Racines	Bulbes	Feuilles
3	x	x	x
4	x		x
8	x	x	
9	x	x	
15	x	x	
21		x	x
22		x	x
1	x		
7	x		
10	x		
11	x		
12	x		
13	x		
17	x		
5		x	
6		x	
2		x	
14		x	
16		x	
18		x	
20		x	
19			x

	Plus abondant en C2 (=20g d'orge inoculé) vs C (non-inoculé)
	Moins abondant en C2 (=20g d'orge inoculé) vs C (non-inoculé)

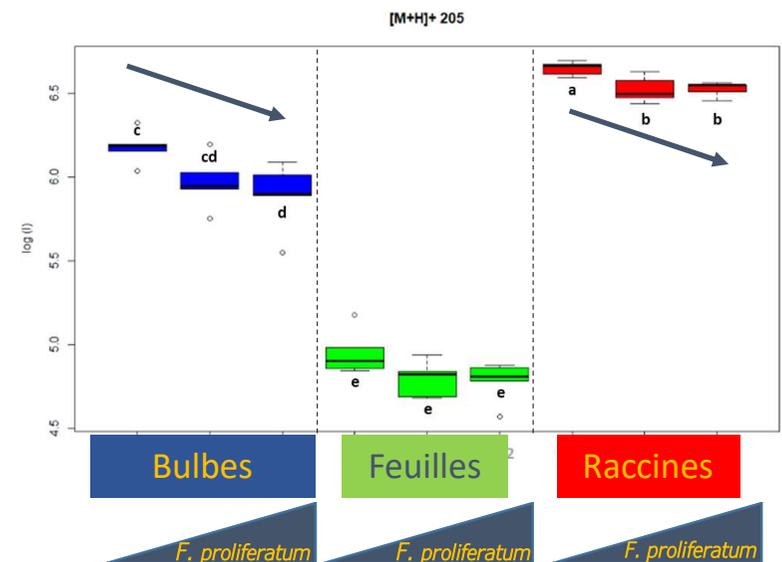
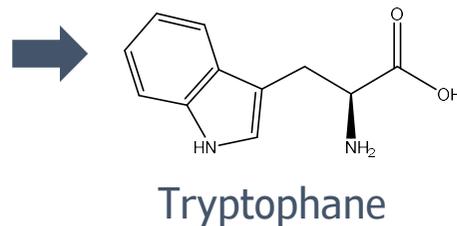


Malheureusement, seul un petit nombre de ces composés ont pu être annotés (peu de données disponibles dans les bases de données).

Recherche de marqueurs précoces de fusariose de l'ail

➤ Identification des 20 ions ("composés") impliqués dans la séparation des métabolomes dans les différents tissus

Ions	Racines	Bulbes	Feuilles
3	x	x	x
4	x		x
8	x	x	
9	x	x	
15	x	x	
21		x	x
22		x	x
1	x		
7	x		
10	x		
11	x		
12	x		
13	x		
17	x		
5		x	
6		x	
2		x	
14		x	
16		x	
18		x	
20		x	
19			x

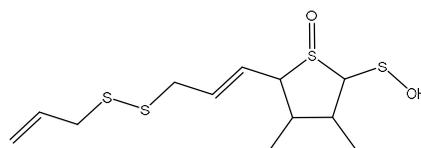


- ➔ Réduction de la teneur en **tryptophane** dans les plantes infectées (bulbes et racines)
- ➔ " Effet puits " dû à la croissance du champignon ?
- ➔ Le métabolisme du tryptophane est connu comme impliqué dans la **régulation des réponse de défense** des plantes. Il est souvent associé à la dysbiose du microbiote.

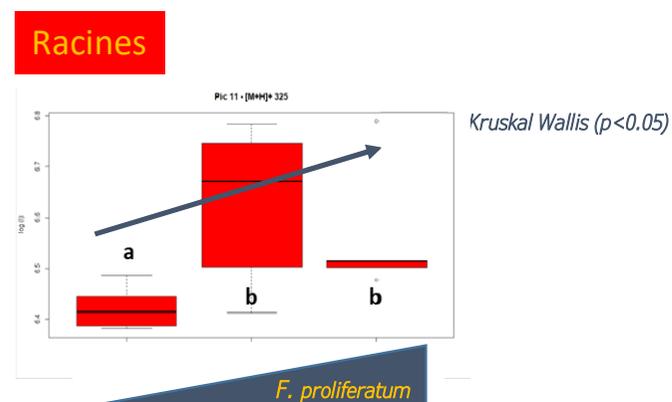
Recherche de marqueurs précoces de fusariose de l'ail

➤ Identification des 20 ions ("composés") impliqués dans la séparation des métabolomes dans les différents tissus

Ions	Racines	Bulbes	Feuilles
3	x	x	x
4	x		x
8	x	x	
9	x	x	
15	x	x	
21		x	x
22		x	x
1	x		
7	x		
10	x		
11	x		
12	x		
13	x		
17	x		
5		x	
6		x	
2		x	
14		x	
16		x	
18		x	
20		x	
19			x



Garlicine A

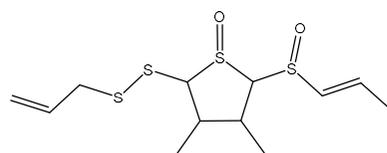


➔ Augmentation de la teneur en **Garlicine A** dans les plantes infectées (racines)

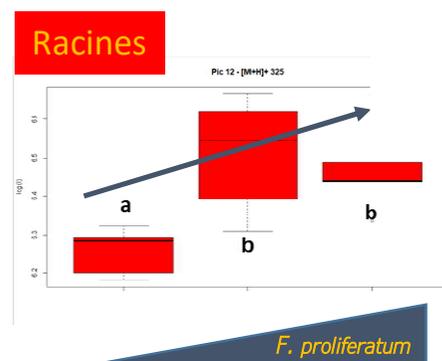
Recherche de marqueurs précoces de fusariose de l'ail

➤ Identification des 20 ions ("composés") impliqués dans la séparation des métabolomes dans les différents tissus

Ions	Racines	Bulbes	Feuilles
3	x	x	x
4	x		x
8	x	x	
9	x	x	
15	x	x	
21		x	x
22		x	x
1	x		
7	x		
10	x		
11	x		
12	x		
13	x		
17	x		
5		x	
6		x	
2		x	
14		x	
16		x	
18		x	
20		x	
19			x



Garlicnine C

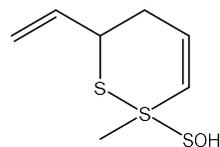


➔ Augmentation de la teneur en **Garlicnine A et C** dans les plantes infectées (racines)

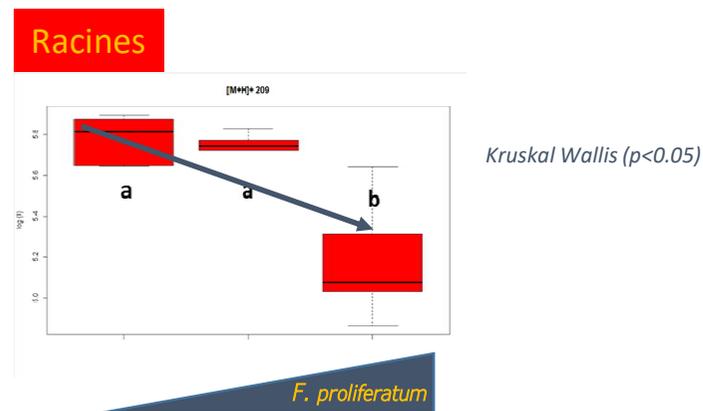
Recherche de marqueurs précoces de fusariose de l'ail

➤ Identification des 20 ions ("composés") impliqués dans la séparation des métabolomes dans les différents tissus

Ions	Racines	Bulbes	Feuilles
3	x	x	x
4	x		x
8	x	x	
9	x	x	
15	x	x	
21		x	x
22		x	x
1	x		
7	x		
10	x		
11	x		
12	x		
13	x		
17	x		
5		x	
6		x	
2		x	
14		x	
16		x	
18		x	
20		x	
19			x



Garlicine D



- ➔ Augmentation de la teneur en **Garlicine A et C** dans les plantes infectées (racines)
- ➔ Diminution de la teneur en **Garlicine D** dans les plantes infectées (racines)
- ➔ Composés organosulfurés de la voie de l'alicine, aux propriétés antimicrobiennes
- ➔ Marqueurs de l'état de santé des alliums ?

Analyses métabolomiques sur les échantillons des essais au champ

Essai 1 (2020)

Localisation: Drôme (SERAIL, CA26)

Variété: Flavor

Composts : I1 (industrie agroalimentaire), D (déchets verts) et B (déchets verts et fumier dinde)

Résultat: pas d'effets suppressifs des composts

Essai 2 (2021)

Localisation: Drôme (SERAIL, CA26)

Variété: Clédor

Composts : A2 (déchets verts) et H (marc de café, pulpe olive, raisin etc)

Résultat: le compost A2 limiterait légèrement la fusariose

2 temps d'échantillonnage

- Précoces= 6 Feuilles
- Tardifs = après stockage

Analyse sur stade 6 Feuilles uniquement

Même protocole d'analyses métabolomiques

Analyse sur stade 6 feuilles et après stockage post-récolte

Deux types d'exploitation des résultats

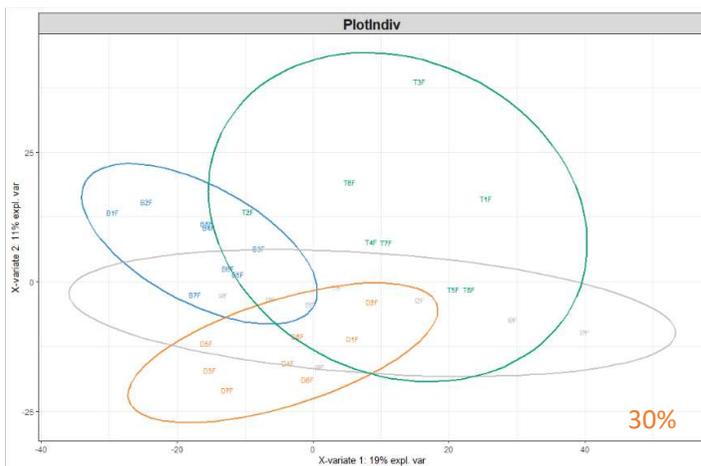
- Comparaison des profils métaboliques en fonction des conditions composts
- Analyse ciblée sur des marqueurs précédemment identifiés

Comparaison des profils métaboliques des aulx

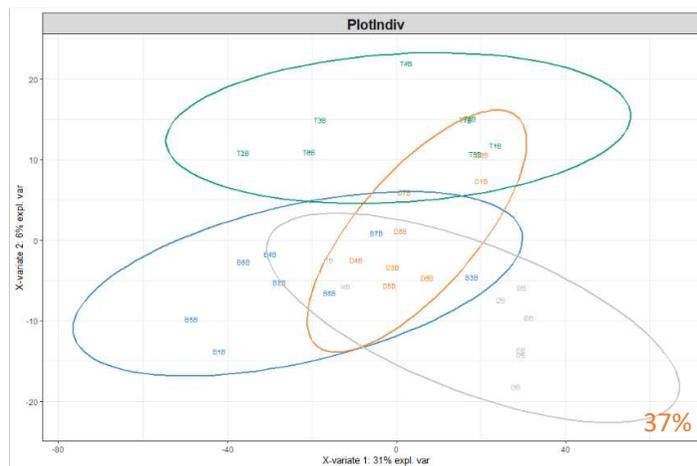
Essai 1 (2020) – Stade 6 feuilles

Légende:

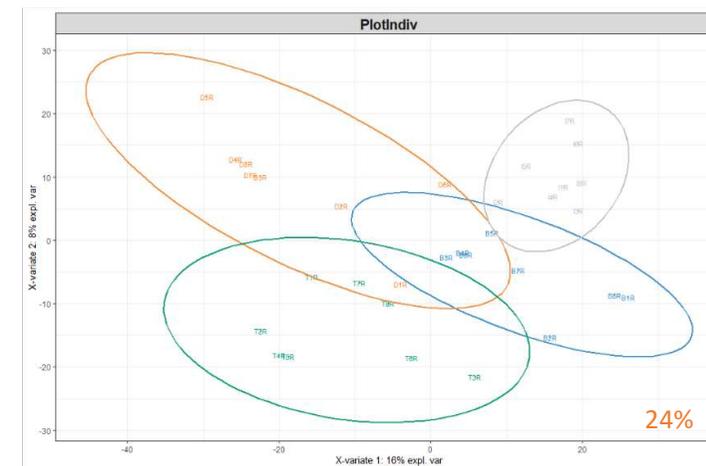
Compost B
Compost D
Compost I
Contrôle non amendé



PLS-DA / Feuilles



PLS-DA / Bulbes



PLS-DA / Racines

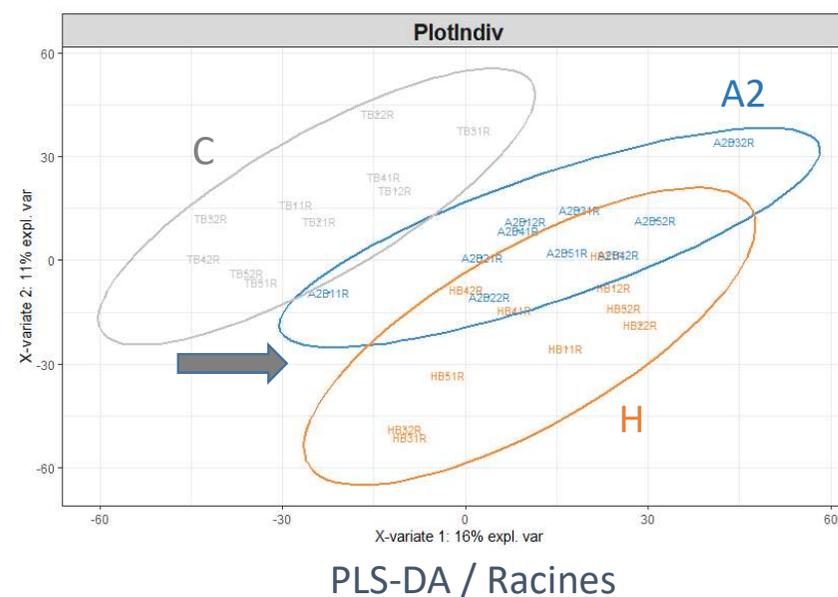
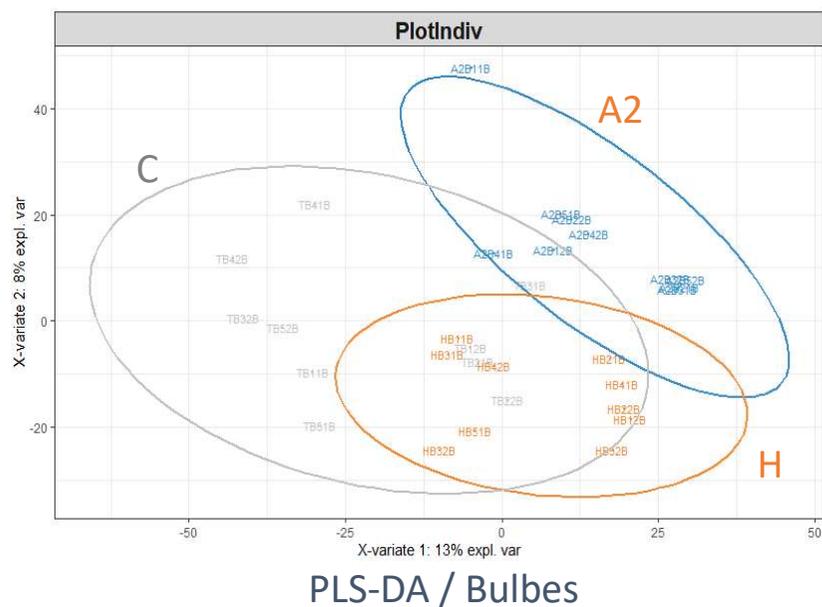
➔ Pas de séparation nette des profils métaboliques en fonction des traitements

Comparaison des profils métaboliques des aulx

Essai 2 (2021) – Stade 6 feuilles

Légende:

Compost A2
Compost H
Contrôle non amendé



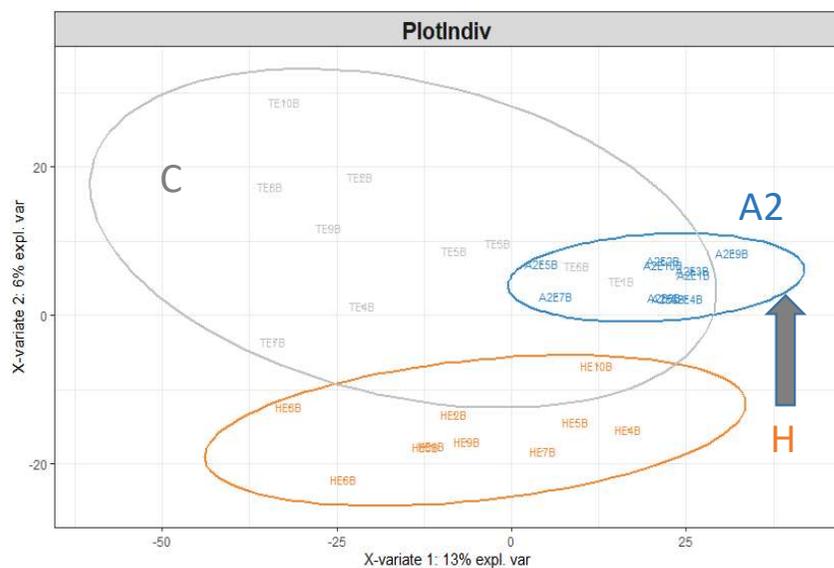
➔ On observe une séparation entre les traitements composts vs le contrôle non amendé pour les racines

Comparaison des profils métaboliques des aulx

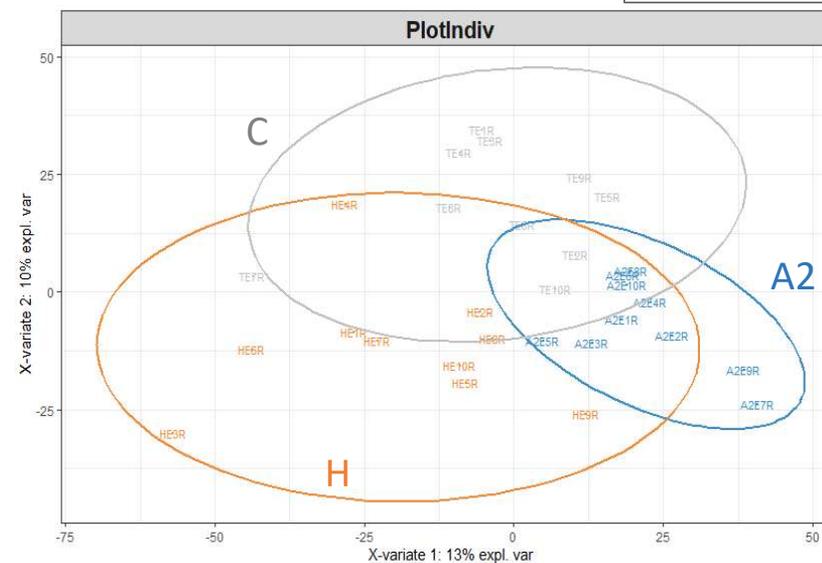
Essai 2 (2021) – Stade après Séchage

Légende:

Compost A2
Compost H
Contrôle non amendé



PLS-DA / Bulbes



PLS-DA / Racines

➔ On observe seulement une séparation entre les composts A2 et H pour les bulbes mais sans différence par rapport au contrôle non amendé

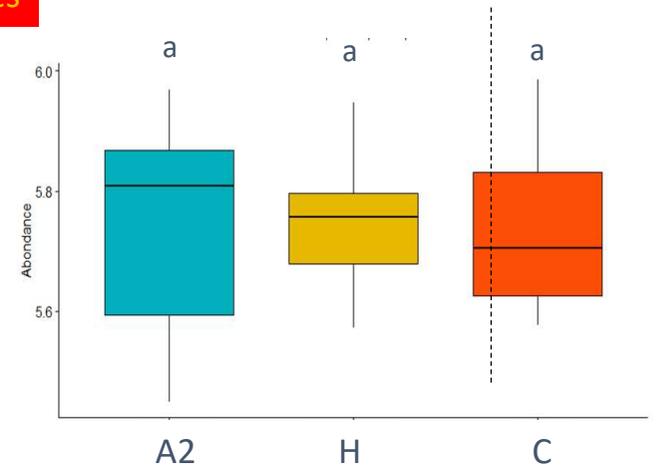
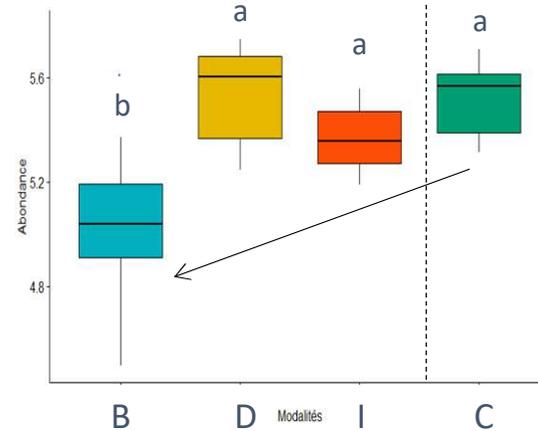
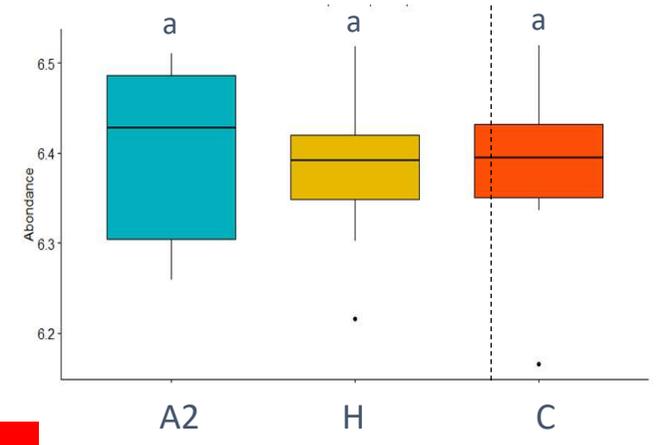
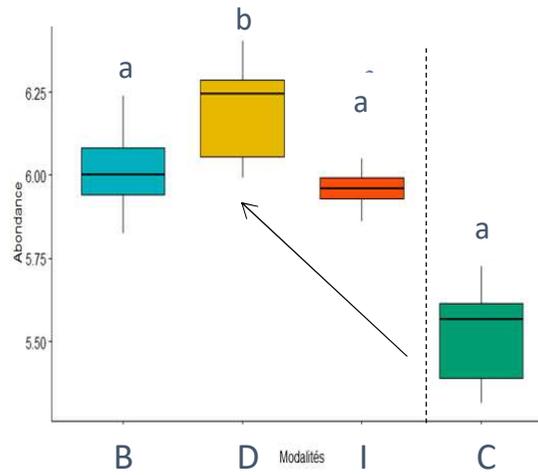
Analyse ciblée sur certains des marqueurs identifiés

Essai 1 2020 – Flavor – stade 6 Feuilles

Essai 2 2021 – Cledor – stade 6 Feuilles

Garlicnine A : composé dont la teneur augmentait dans les aux infectés avec la taille d'inoculum la plus élevée

Garlicnine D : composé dont la teneur diminuait dans les aux infectés avec la taille d'inoculum la plus élevée



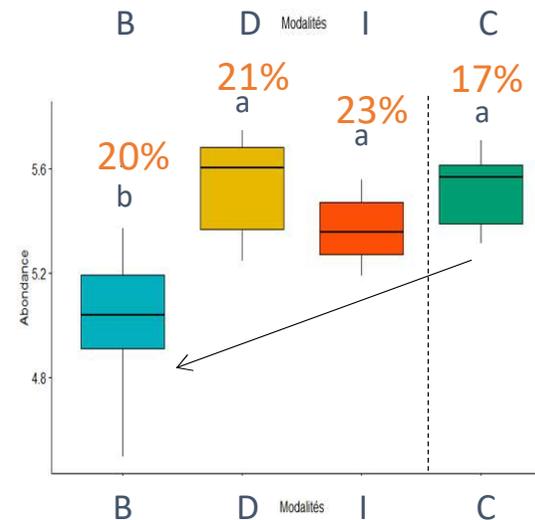
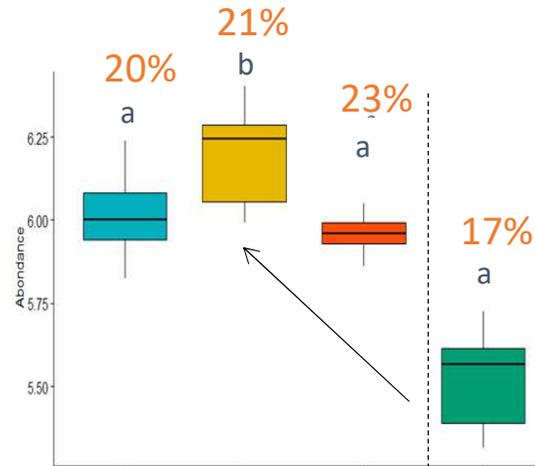
Racines

Analyse ciblée sur certains des marqueurs identifiés

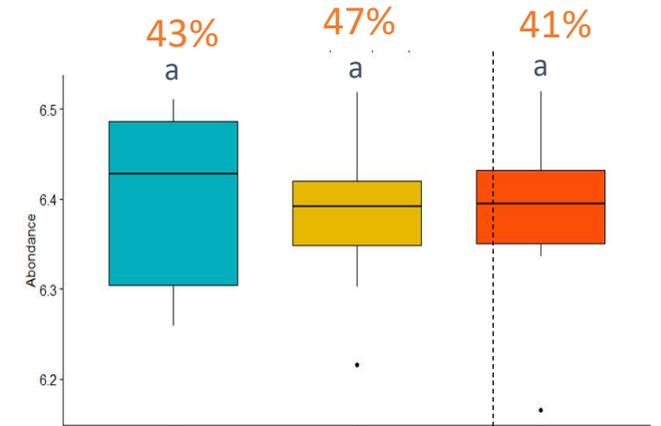
Garlicinine A : composé dont la teneur augmentait dans les aulx infectés avec la taille d'inoculum la plus élevée

Garlicinine D : composé dont la teneur diminuait dans les aulx infectés avec la taille d'inoculum la plus élevée

Essai 1 2020 – Flavor – stade 6 Feuilles



Essai 2 2021 – Cledor – stade 6 Feuilles



Racines

Racine

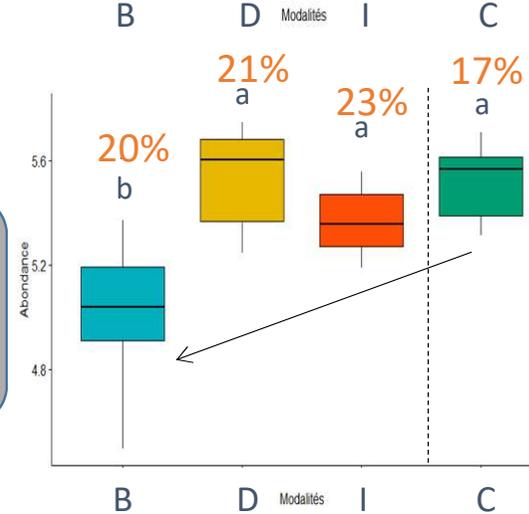
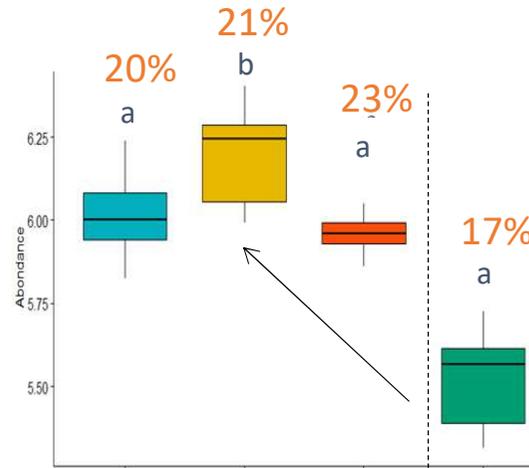
Analyse ciblée sur certains des marqueurs identifiés

Garlicinine A : composé dont la teneur augmentait dans les aux infectés avec la taille d'inoculum la plus élevée

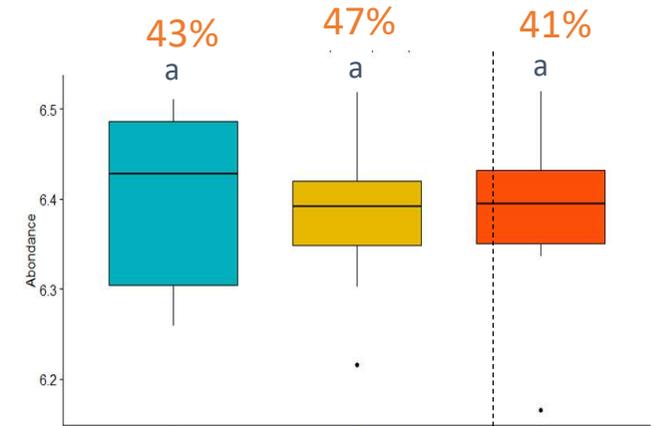
Garlicinine D : composé dont la teneur diminuait dans les aux infectés avec la taille d'inoculum la plus élevée

➔ Des différences sont observées entre des modalités composts vs contrôle mais elles ne sont pas strictement corrélées aux **niveaux de maladie** à la récolte !

Essai 1 2020 – Flavor – stade 6 Feuilles



Essai 2 2021 – Cledor – stade 6 Feuilles



Racines

CONCLUSION

- ✓ Le **métabolisme spécialisé de l'ail** est encore peu connu. Seul un nombre limité de composés ont pu être identifiés.
- ➔ De nouvelles annotations/identifications pourront être menées avec l'avancement des connaissances.

CONCLUSION

- ✓ Le **métabolisme spécialisé de l'ail** est encore peu connu. Seul un nombre limité de composés ont pu être identifiés.
 - ➔ De nouvelles annotations/identifications pourront être menées avec l'avancement des connaissances.
- ✓ En cas de **niveaux de maladie** contrastés (CTIFL 2020, conditions contrôlées), on arrive à différencier les métabolomes de l'ail en fonction de la taille de l'inoculum dans tous les tissus
 - ➔ Les composés impliqués dans la séparation des métabolomes sont-ils de bons marqueurs de maladie?

CONCLUSION

- ✓ Le **métabolisme spécialisé de l'ail** est encore peu connu. Seul un nombre limité de composés ont pu être identifiés.
 - ➔ De nouvelles annotations/identifications pourront être menées avec l'avancement des connaissances.
- ✓ En cas de **niveaux de maladie** contrastés (CTIFL 2020, conditions contrôlées), on arrive à différencier les métabolomes de l'ail en fonction de la taille de l'inoculum dans tous les tissus
- ➔ Les composés impliqués dans la séparation des métabolomes sont-ils de bons marqueurs de maladie?
 - Encore très difficile à affirmer! Les conditions de maladie au champ n'étaient pas assez contrastées pour pouvoir valider ces marqueurs. Nos analyses ciblées doivent être poursuivies afin de continuer l'étude des variations de leur quantité (en cours).

CONCLUSION

- ✓ Le **métabolisme spécialisé de l'ail** est encore peu connu. Seul un nombre limité de composés ont pu être identifiés.
 - ➔ De nouvelles annotations/identifications pourront être menées avec l'avancement des connaissances.
- ✓ En cas de **niveaux de maladie** contrastés (CTIFL 2020, conditions contrôlées), on arrive à différencier les métabolomes de l'ail en fonction de la taille de l'inoculum dans tous les tissus
 - ➔ Les composés impliqués dans la séparation des métabolomes sont-ils de bons marqueurs de maladie?
 - Encore très difficile à affirmer! Les conditions de maladie au champ n'étaient pas assez contrastées pour pouvoir valider ces marqueurs. Nos analyses ciblées doivent être poursuivies afin de continuer l'étude des variations de leur quantité (en cours).
- ➔ Le sont-ils pour toutes les variétés?
 - Là encore on ne peut pas l'affirmer! Plusieurs marqueurs identifiés chez Edenrose (CTIFL) ont été retrouvés dans les métabolomes de Flavor et Clédor (Essais Champs).

CONCLUSION

- ✓ Le **métabolisme spécialisé de l'ail** est encore peu connu. Seul un nombre limité de composés ont pu être identifiés.
 - ➔ De nouvelles annotations/identifications pourront être menées avec l'avancement des connaissances.
- ✓ En cas de **niveaux de maladie** contrastés (CTIFL 2020, conditions contrôlées), on arrive à différencier les métabolomes de l'ail en fonction de la taille de l'inoculum dans tous les tissus
 - ➔ Les composés impliqués dans la séparation des métabolomes sont-ils de bons marqueurs de maladie?
 - Encore très difficile à affirmer! Les conditions de maladie au champ n'étaient pas assez contrastées pour pouvoir valider ces marqueurs. Nos analyses ciblées doivent être poursuivies afin de continuer l'étude des variations de leur quantité (en cours).
 - ➔ Le sont-ils pour toutes les variétés?
 - Là encore on ne peut pas l'affirmer! Plusieurs marqueurs identifiés chez Edenrose (CTIFL) ont été retrouvés dans les métabolomes de Flavor et Clédor (Essais Champs).

Perspectives à long terme : Méthode de détection précoce de la maladie au champ basée sur l'expression des gènes impliqués dans leur voie de biosynthèse ???

Remerciements

Equipe Rhizosphère



- Marjolaine Rey, Pierre-Edouard Mercier, Gilles Comte
- Sylvain Revol et Emiliano Serviole (nos stagiaires)

Plateforme CESN



Centre d'Etude des Substances Naturelles

Collaborateurs



- **Tous les partenaires** du projet SYNERGIES en particulier l'ACTA (coordinateur), le CTIFL de Balandran, la SERAIL et la CA26



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*

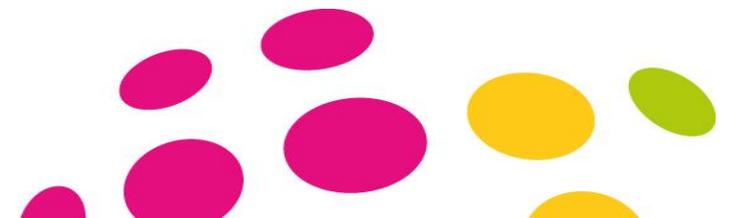
Webinaire Maîtriser la fusariose de l'ail avec des leviers agroécologiques ? 17/11/2022

CasDAR Synergies

Séminaire du 17 novembre 2022

DEXi Fusariose de l'ail : Prototype d'outil d'évaluation multicritère en vue de la maîtrise du risque de développement de la fusariose de l'ail (*Fusarium proliferatum*)

***André Chabert ACTA, Laure Soucémarianadin ACTA, Mikael Boilloz CA 26, Laurence
Espagnacq CA 31, Anne Laure Fuscien CA 82, Florine Delassus CA 59-62, Audrey
Courier CA 59-62, Juliette Pellat CTIFL, Prisca Pierre CTIFL, Christian Steinberg INRAe,
Claire Prigent-Combaret CNRS Lyon, Christel Leyronas INRAe***



DEXi : démarche générale

Objectif : Evaluer à l'échelle d'une parcelle en production les risques liés à la fusariose de l'ail



1) Rassembler les connaissances sur la fusariose de l'ail

2) Décrire les ITK de la culture de l'ail d'un réseau de parcelles en production



Réunir les acteurs et s'accorder sur les facteurs de risques de développement de la fusariose et sur les principaux modes de production



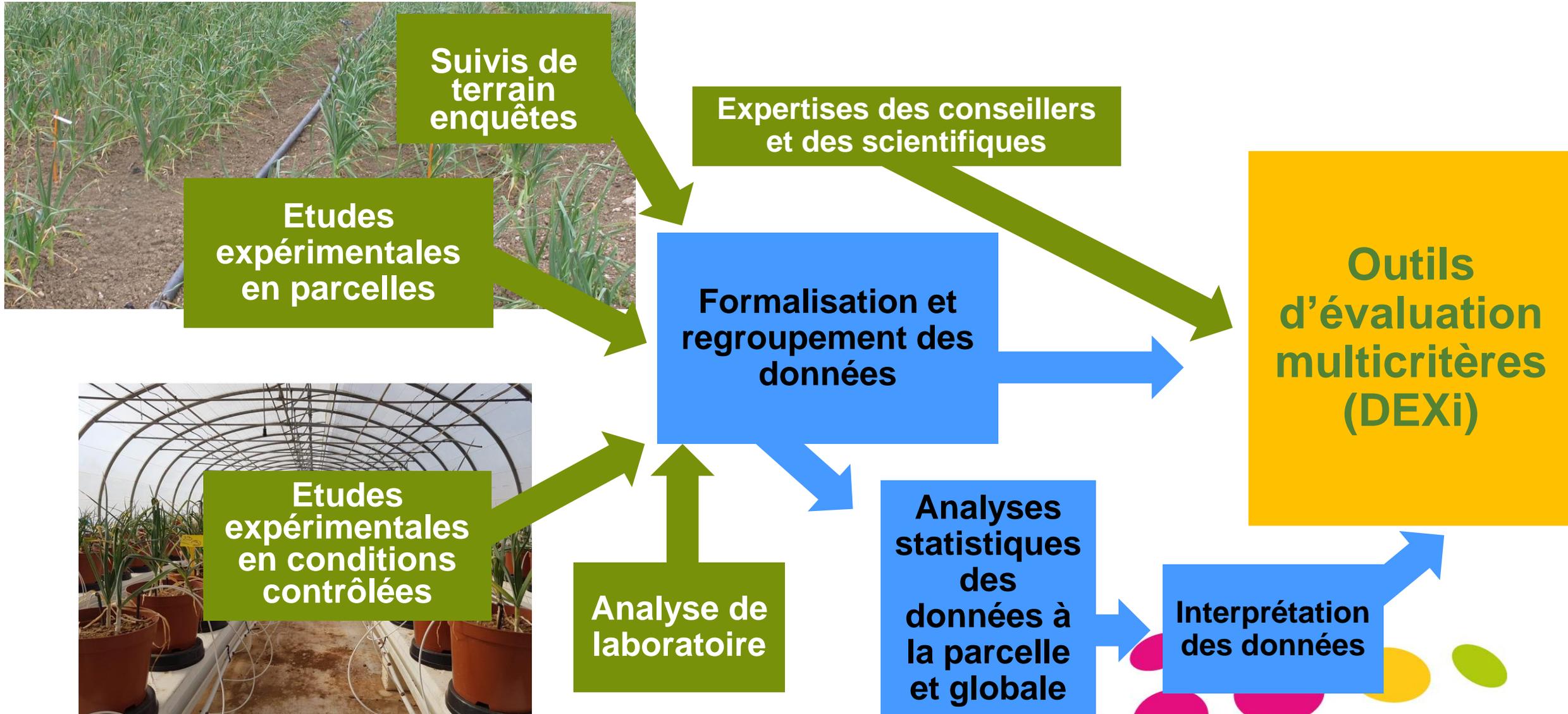
Concevoir un OAD à l'aide du logiciel DEXi
Analyser le réseau de parcelles à l'aide à partir du , prototype DEXi



Vérifier La sensibilité de l'outil et la cohérence des évaluations



DEXi : données utilisées pour sa conception



DEXi : un logiciel d'évaluation des risques

DEXi un logiciel pour prendre des décisions à partir d'un ensemble de critères

Seuils établis dans le sens de la satisfaction des objectifs fixés (ici la maîtrise de la fusariose)

Différents critères assemblés dans une structure hiérarchique décomposant le problème en plusieurs sous questions

Question générale plus facile à résoudre, et l'outil adaptable au fil de son usage



DEXi

Version 5.05

Program for multiattribute decision making

© Copyright 1999-2021

Developed in collaboration:
Jožef Stefan Institute, Ljubljana
Faculty of Organisational Sciences, Kranj
Ministry of Education, Science and Sport
of the Republic of Slovenia

DEXi : définition des 34 critères de base

34 critères de base (feuilles de l'arbre) décrivant la parcelle et le mode de production de l'ail pouvant avoir une influence sur le développement de la fusariose de l'ail

Délais de retour de l'ail
Nombre d'autres cultures dans la succession
Nombre de cultures non favorables à la fusariose avoisinant la parcelle (500m)
Matière organique (seuils selon analyse)
Evènement climatique à l'installation
Evènement climatique
Le
La sensibilité de la variété
de p
Numéro
Calibre de
Gestion des déchets
(pr
Contamination initiale
Traitement des caieux
Teneur en eau à l'implantation
Qualité d'implantation
Apport de compost de déchets verts dans le cadre de la rotation
Apport de fumiers ou de lisiers sur la parcelle concernée dans le cadre de la rotation

Usage des cultures intermédiaires
Apports d'autres matières (BRF, tourteau...)
Fertilisation azotée
Fertilisation phosphatée (dire d'expert)
Fertilisation potassique (dire d'expert)
Gestion des adventices
on contre les maladies
n contre les ravageurs
Irrigation
Buttage
ocité de la récolte
on de sol à la récolte
à la post récolte (manipulation et
nsport des têtes)
u séchage post-récolte
Température de la première phase de stockage (fin séchage et septembre)
Température de stockage suivant (octobre, novembre, décembre)
Mode de séchage

DEXi : définition des seuils pour chaque critère

Délais de retour de l'ail	Moins de 5 ans	5 ans ou plus	Pas d'ail connu sur la parcelle
Nombre d'autres cultures dans la succession	Deux cultures au plus	Trois ou quatre cultures	Cinq cultures ou plus ou luzerne
Nombre de cultures non favorables à la fusariose avoisinant la parcelle (500m)	Deux cultures au plus	Trois cultures	Plus de trois cultures ou culture pérenne de type luzerne
Matière organique (seuils selon analyse)	Faible	Moyen	Elevée
Evènement climatique à l'installation	Perturbant fortement l'installation	Perturbant modérément l'installation	Pas d'évènement climatique perturbant
Evènement climatique en cours de végétation	Perturbant fortement la végétation	Perturbant modérément la végétation	Pas d'évènement climatique perturbant
Type d'ail	Alternatif type Lautrec et ail rose de printemps (type Italie Auvergne)		Ail blanc et violet
Sensibilité selon les critères	Sensible annuellement	Peu sensible	Peu sensible : a minima tous les autres ails roses
Numéro de la génération	Complète	Muette	Base et pré-base (ail semences)

Critères de bases

Seuils favorables à la maladie, défavorables à l'agriculteur

Seuils intermédiaires

Seuils défavorables à la maladie, favorables à l'agriculteur



DEXi : étape 1) rassembler les critères par thème



- Précocité
- Condition de sol
- Soin

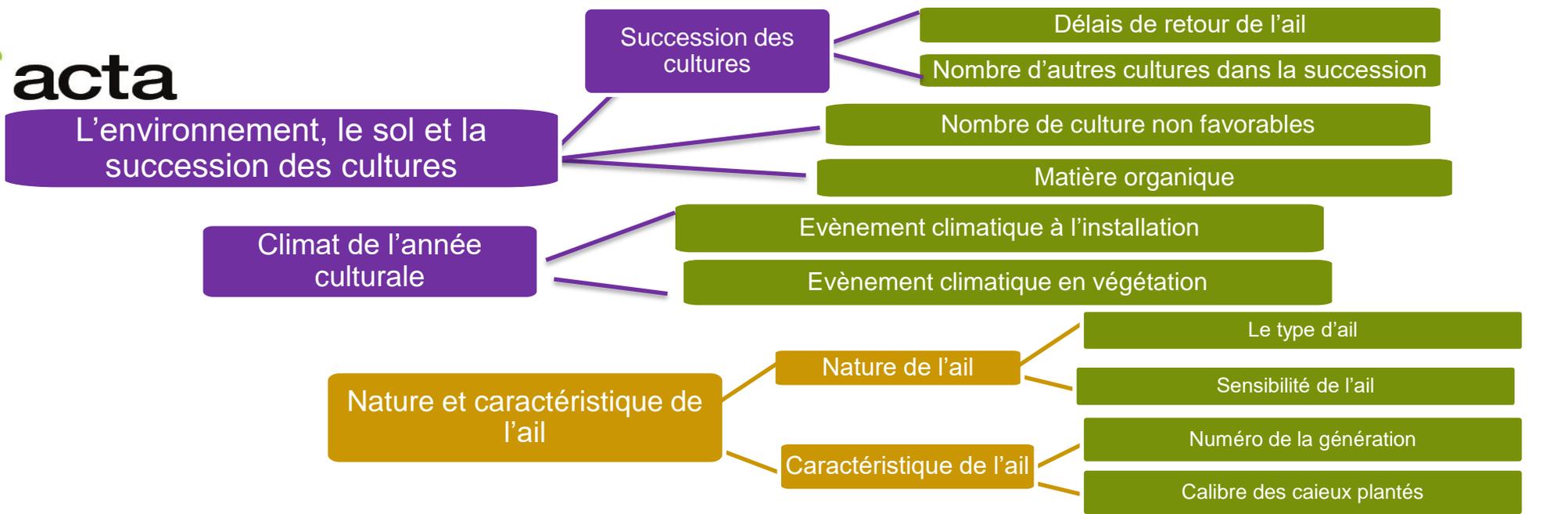
Qualité du séchage

Mode de séchage

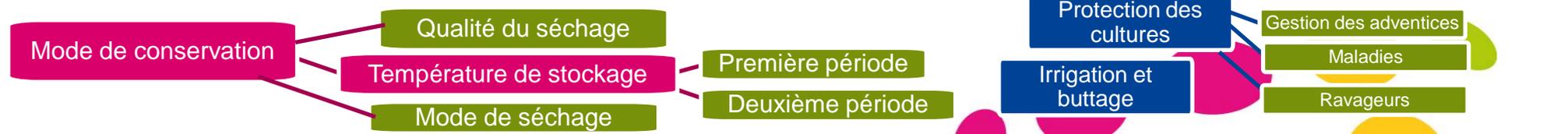
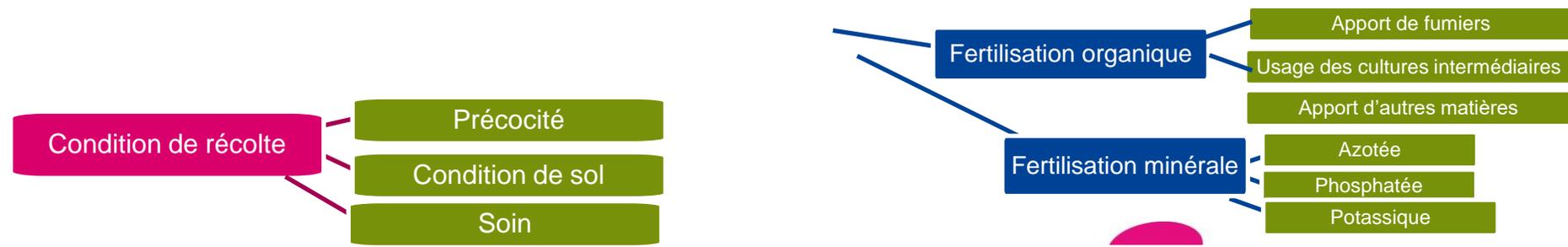
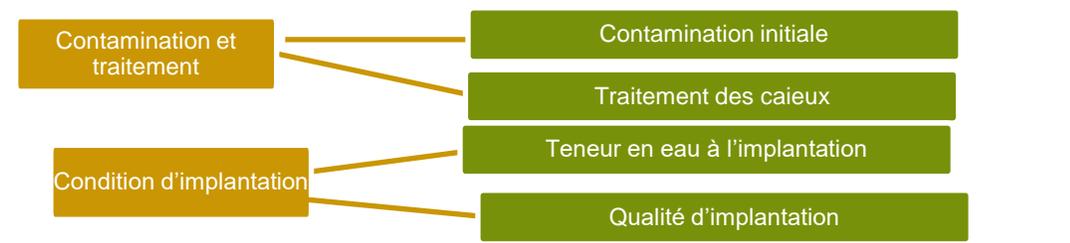
Première période

Deuxième période





DEXi : étape 2) définir des critères agrégés





L'environnement, le sol et la succession des cultures

Climat de l'année culturale

Succession des cultures

- Délais de retour de l'ail
- Nombre d'autres cultures dans la succession
- Nombre de culture non favorables
- Matière organique

- Evènement climatique à l'installation
- Evènement climatique en végétation

Nature de l'ail

- Le type d'ail
- Sensibilité de l'ail

Caractéristique de l'ail

- Numéro de la génération
- Calibre des caieux plantés

DEXi : agréger les critères
 Etape 3) Pour chaque critère agrégé
 établir les fonctions d'utilités
 (tableau de contingence)

	Délais de retour de l'ail	Nombre d'autres cultures	Succession des culture
1	Moins de 5 ans	Deux cultures au plus	Défavorable
2	Moins de 5 ans	Trois ou quatre cultures	Défavorable
3	Moins de 5 ans	Cinq cultures ou plus ou lu	Peu favorable
4	5 ans ou plus	Deux cultures au plus	Défavorable
5	5 ans ou plus	Trois ou quatre cultures	Peu favorable
6	5 ans ou plus	Cinq cultures ou plus ou lu	Favorable
7	Pas d'ail connu sur la p	Deux cultures au plus	Peu favorable
8	Pas d'ail connu sur la p	Trois ou quatre cultures	Favorable
9	Pas d'ail connu sur la p	Cinq cultures ou plus ou lu	Trés favorable

Weights: Succession des cultures

Attribute	0	50	100	Required	Current
Délais de retou				50	50
Nombre d'autre				50	50

Rounding
 down no up

Normalization

- Contamination initiale
- Traitement des caieux
- Teneur en eau à l'implantation
- Qualité d'implantation

Fertilisation organique

- Apport de fumiers
- Usage des cultures intermédiaires
- Apport d'autres matières

Fertilisation minérale

- Azotée
- Phosphatée
- Potassique

Protection des cultures

- Gestion des adventices
- Maladies
- Ravageurs

Irrigation et buttage

Condition de récolte

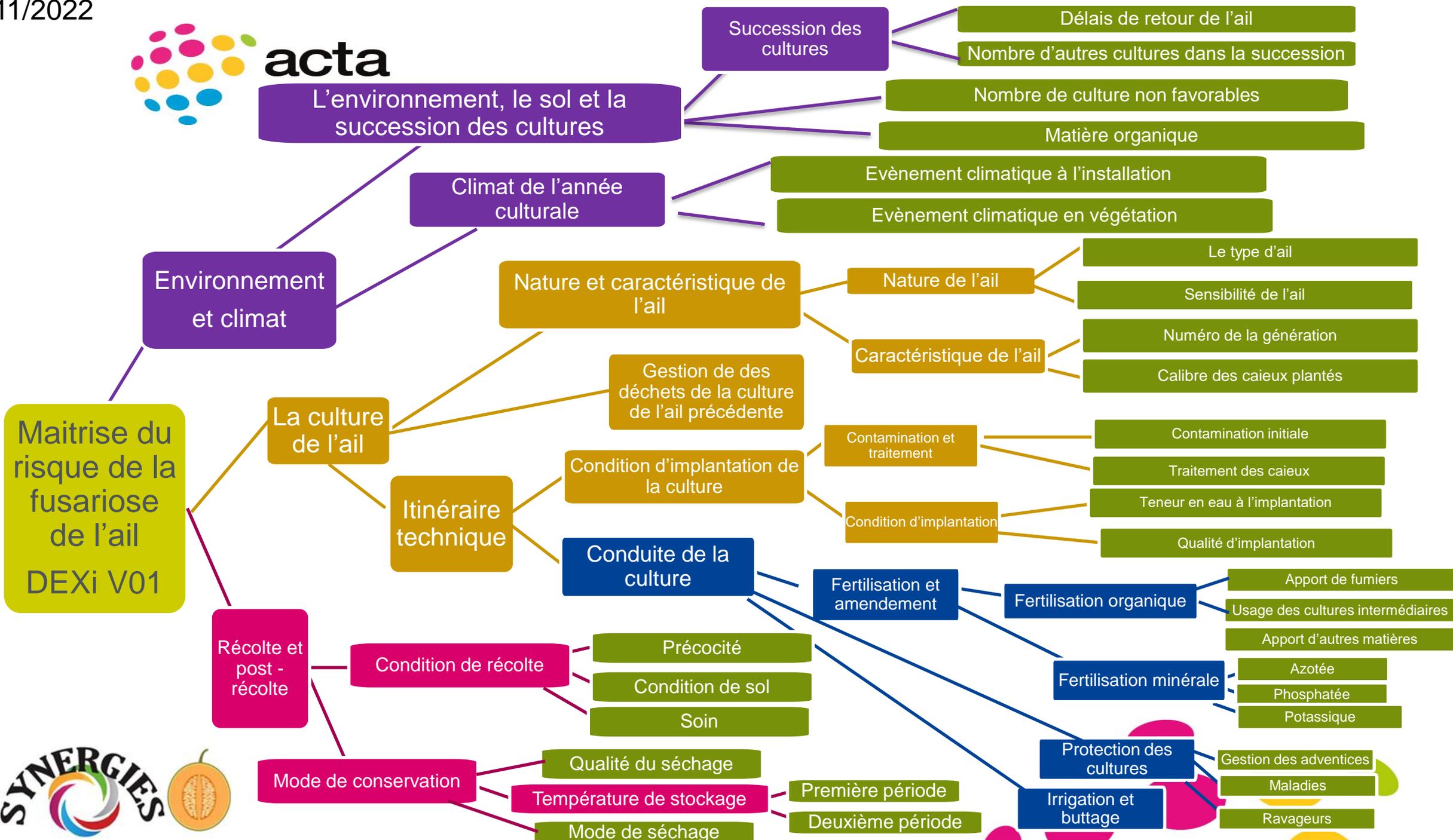
- Condition de sol
- Soin

Mode de conservation

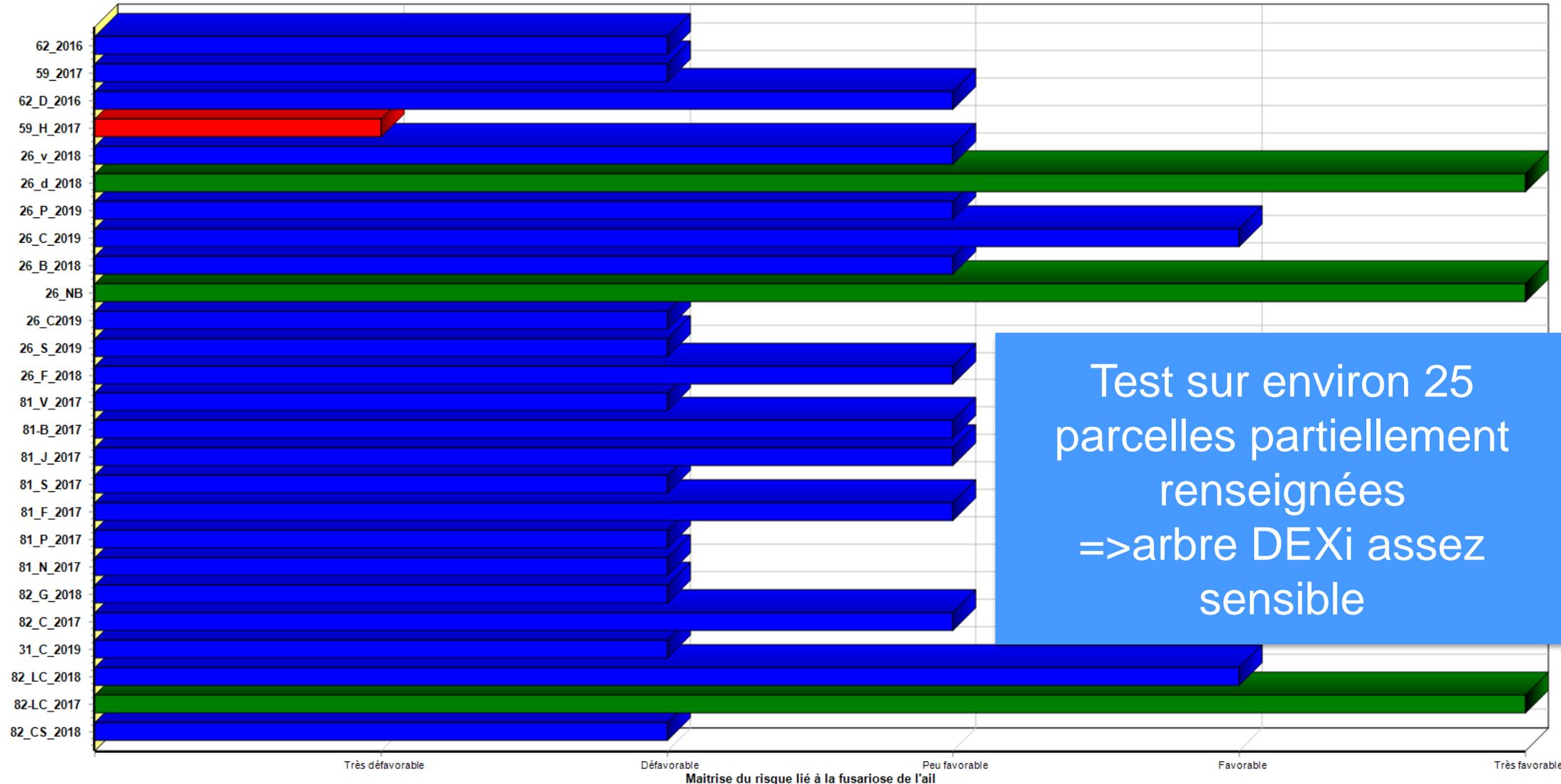
- Qualité du séchage
- Température de stockage
- Mode de séchage

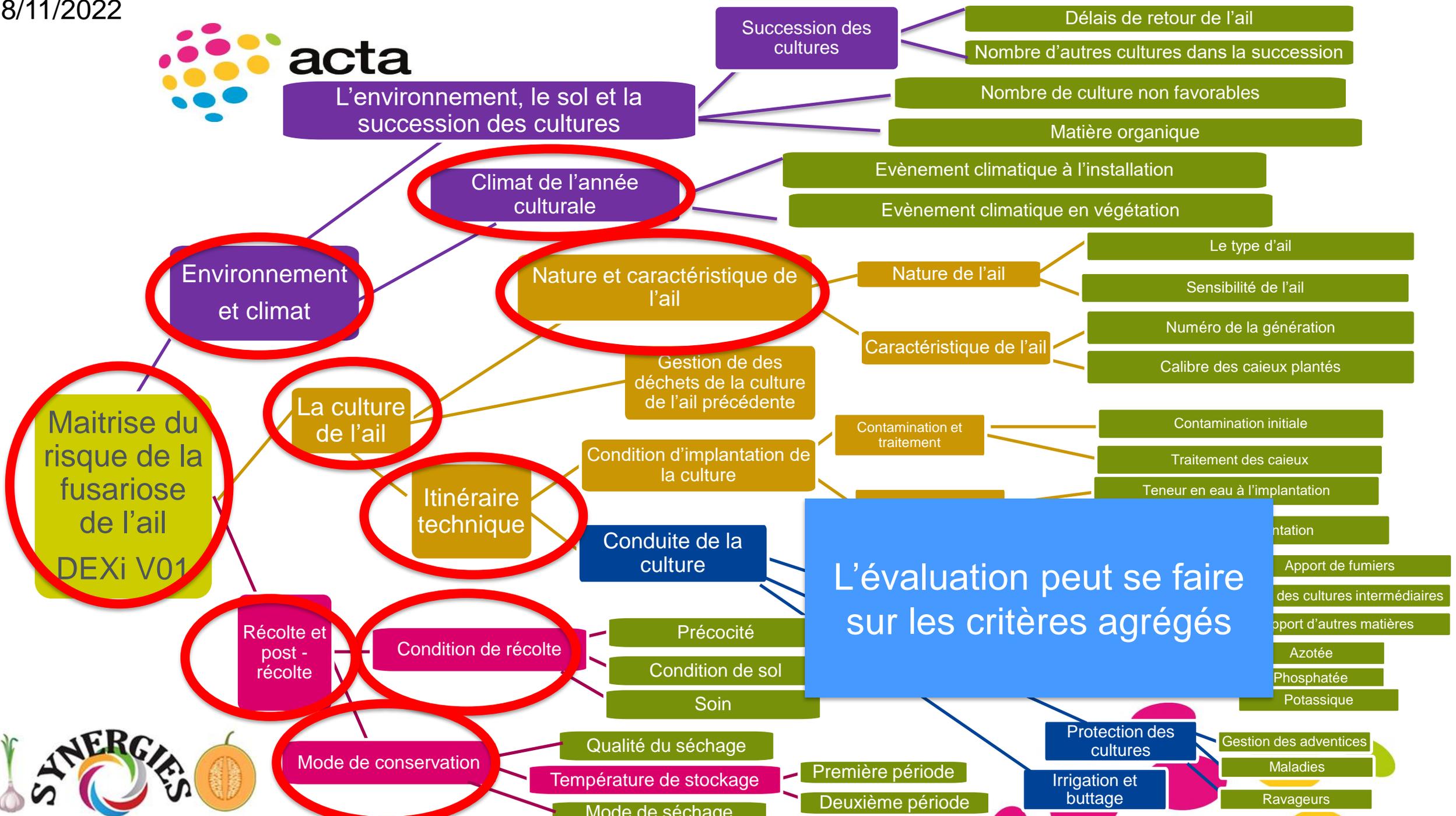
- Première période
- Deuxième période



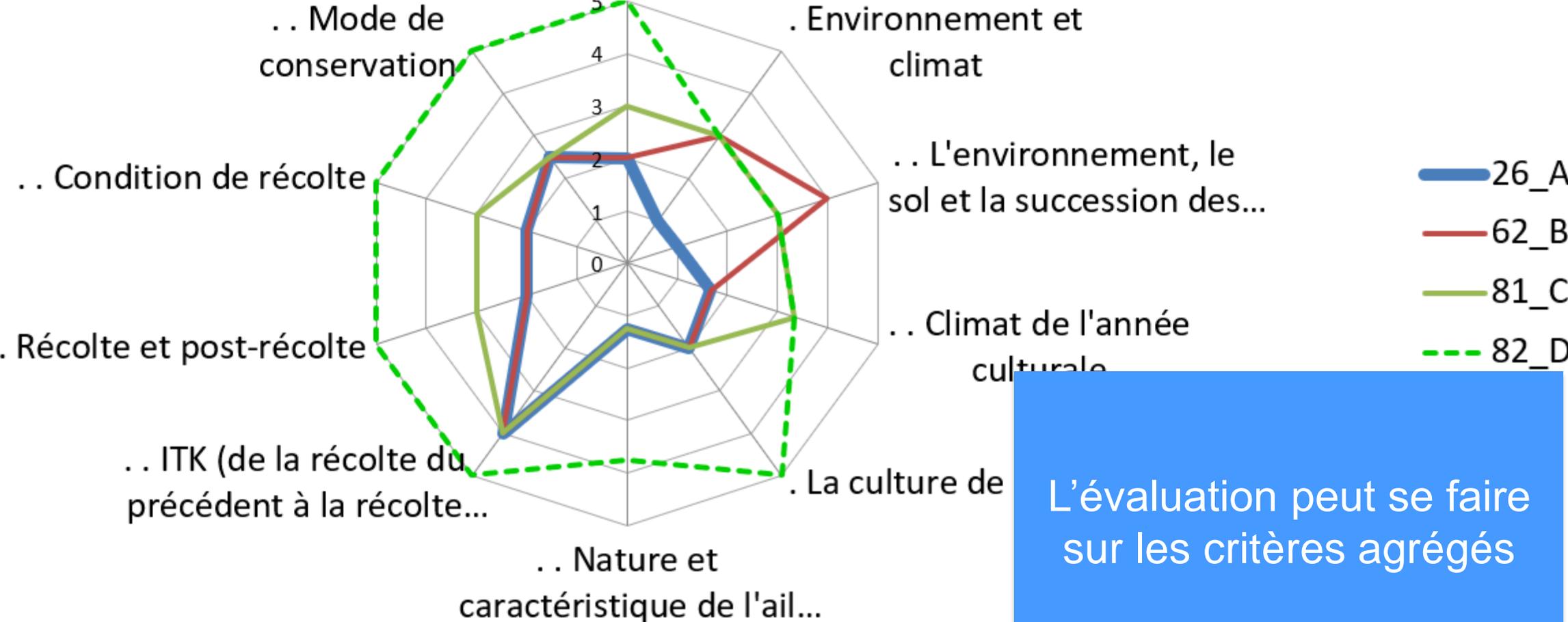


Maitrise du risque de la fusariose de l'ail DEXi V01

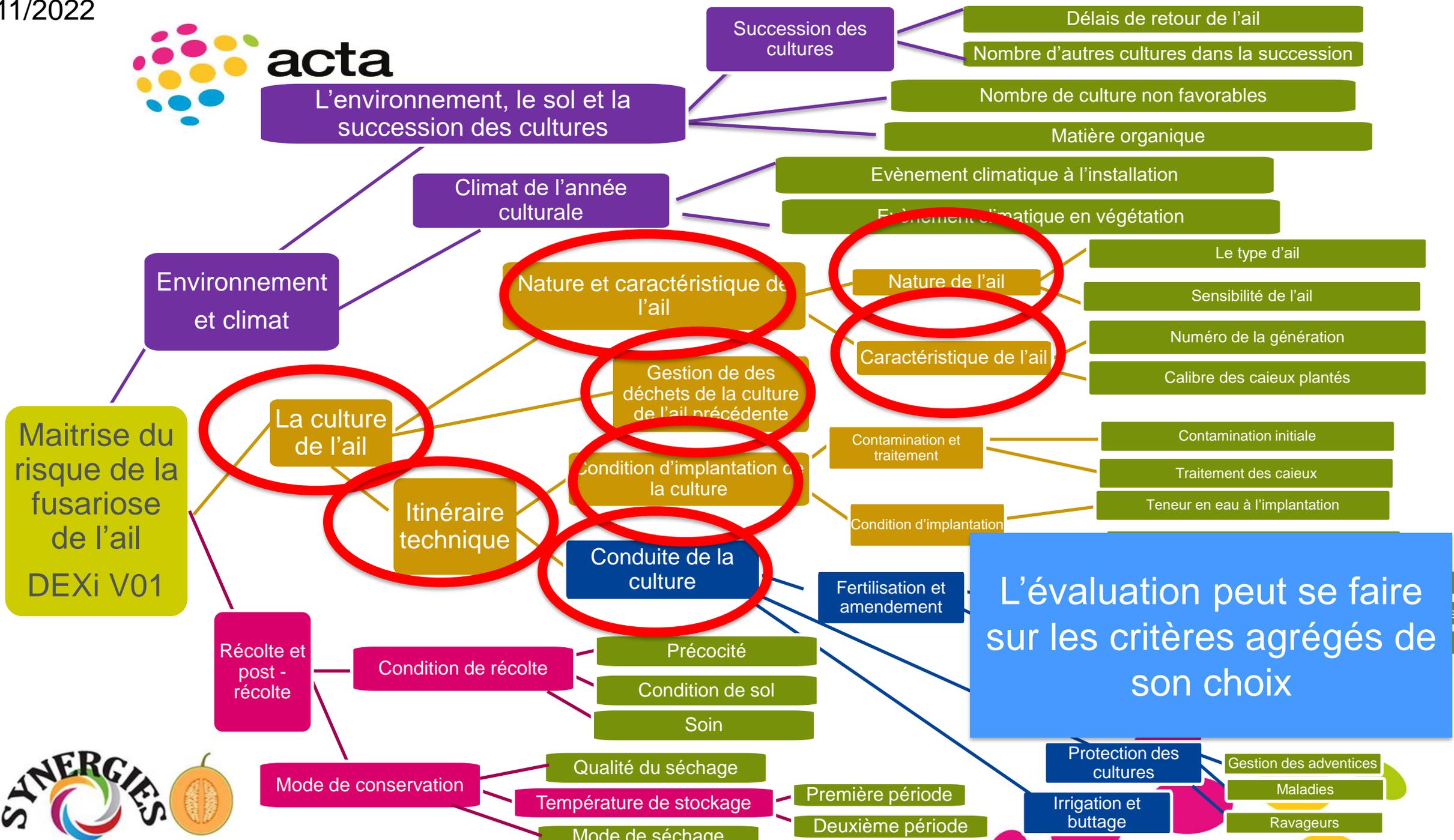




Maitrise du risque lié à la fusariose de l'ail

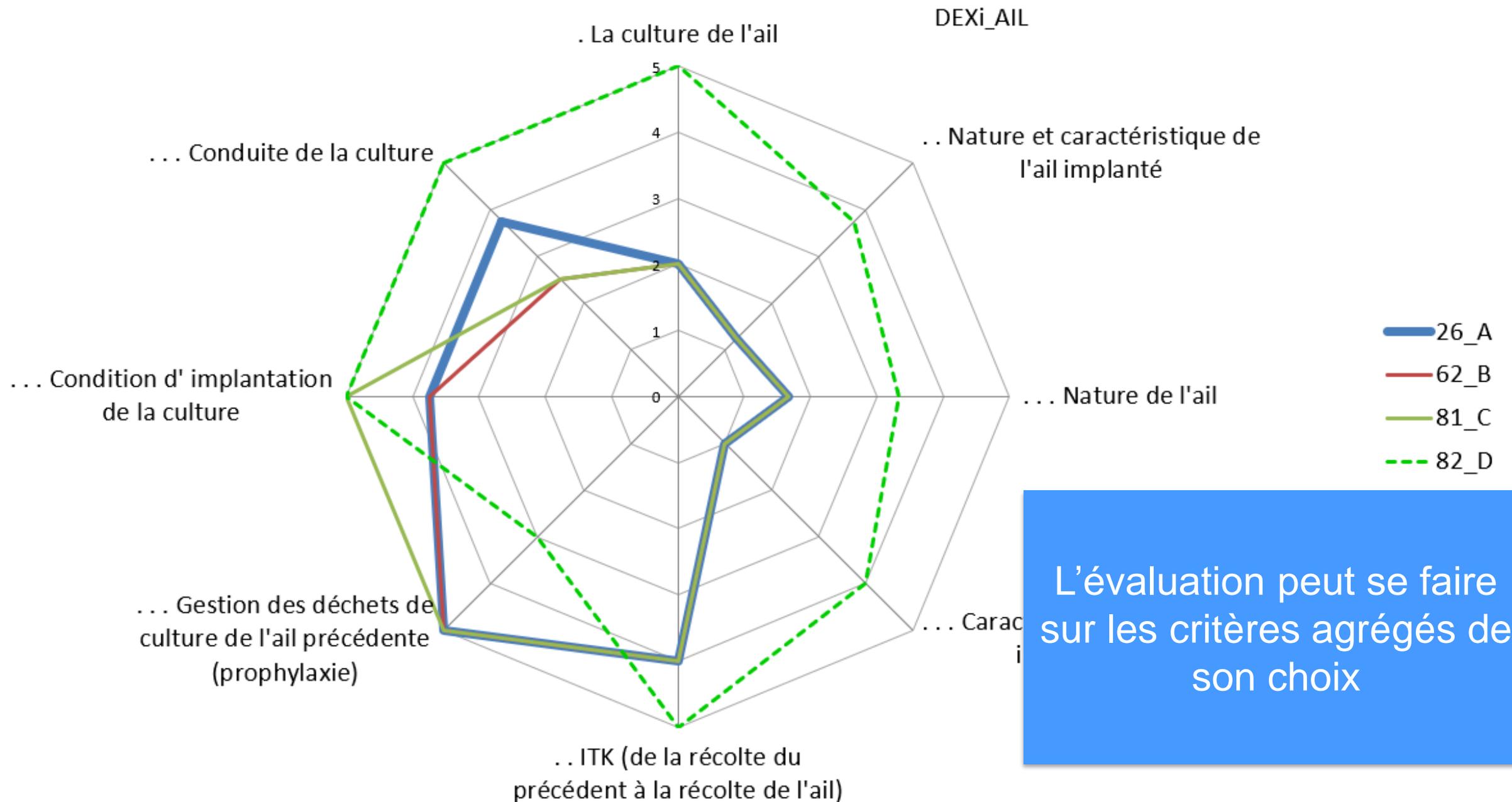


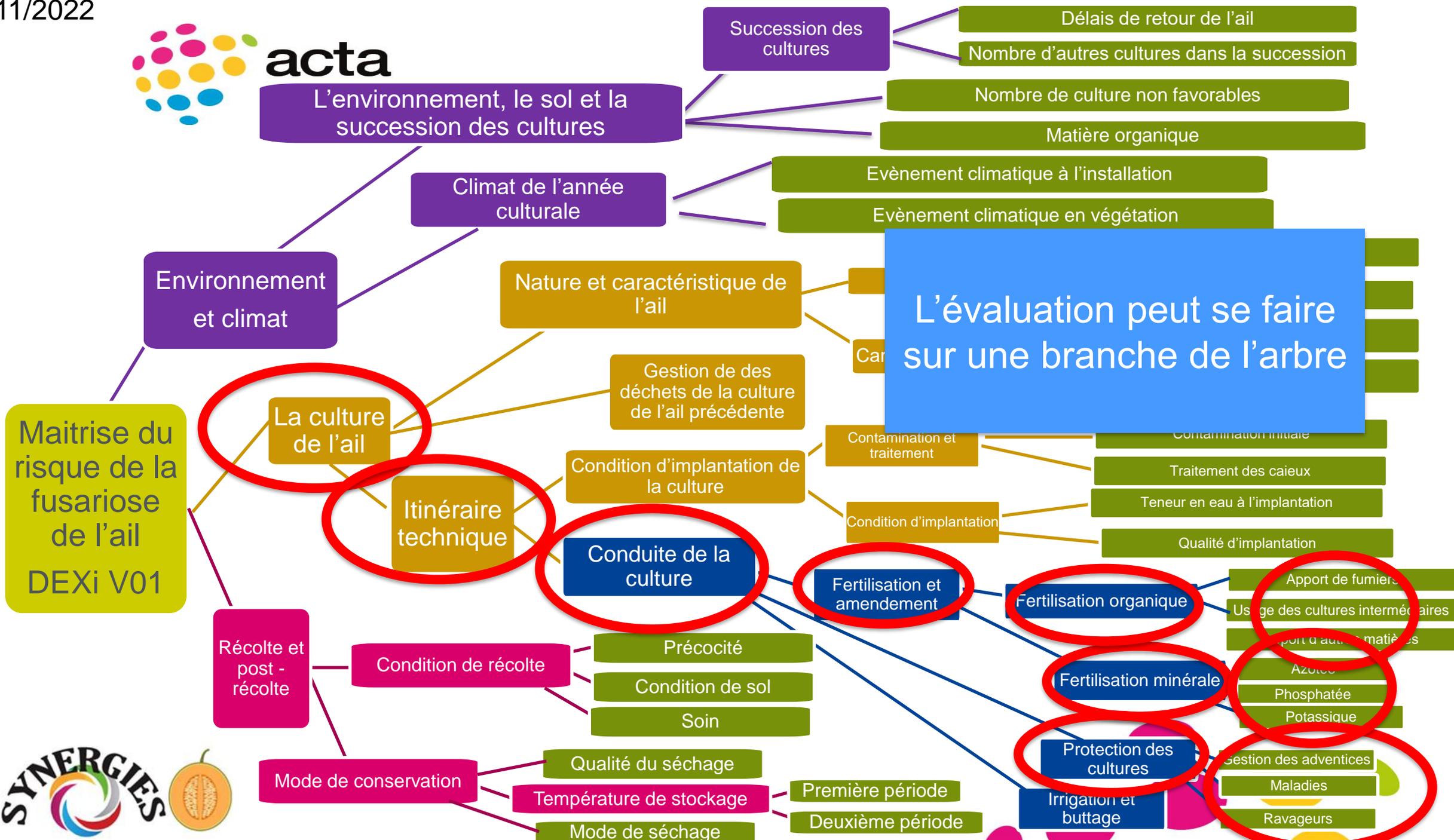
L'évaluation peut se faire sur les critères agrégés



L'évaluation peut se faire sur les critères agrégés de son choix







L'évaluation peut se faire sur une branche de l'arbre

Maitrise du risque de la fusariose de l'ail DEXi V01

Environnement et climat

La culture de l'ail

Itinéraire technique

Conduite de la culture

Fertilisation et amendement

Fertilisation organique

Fertilisation minérale

Protection des cultures

Irrigation et buttage

Récolte et post-récolte

Condition de récolte

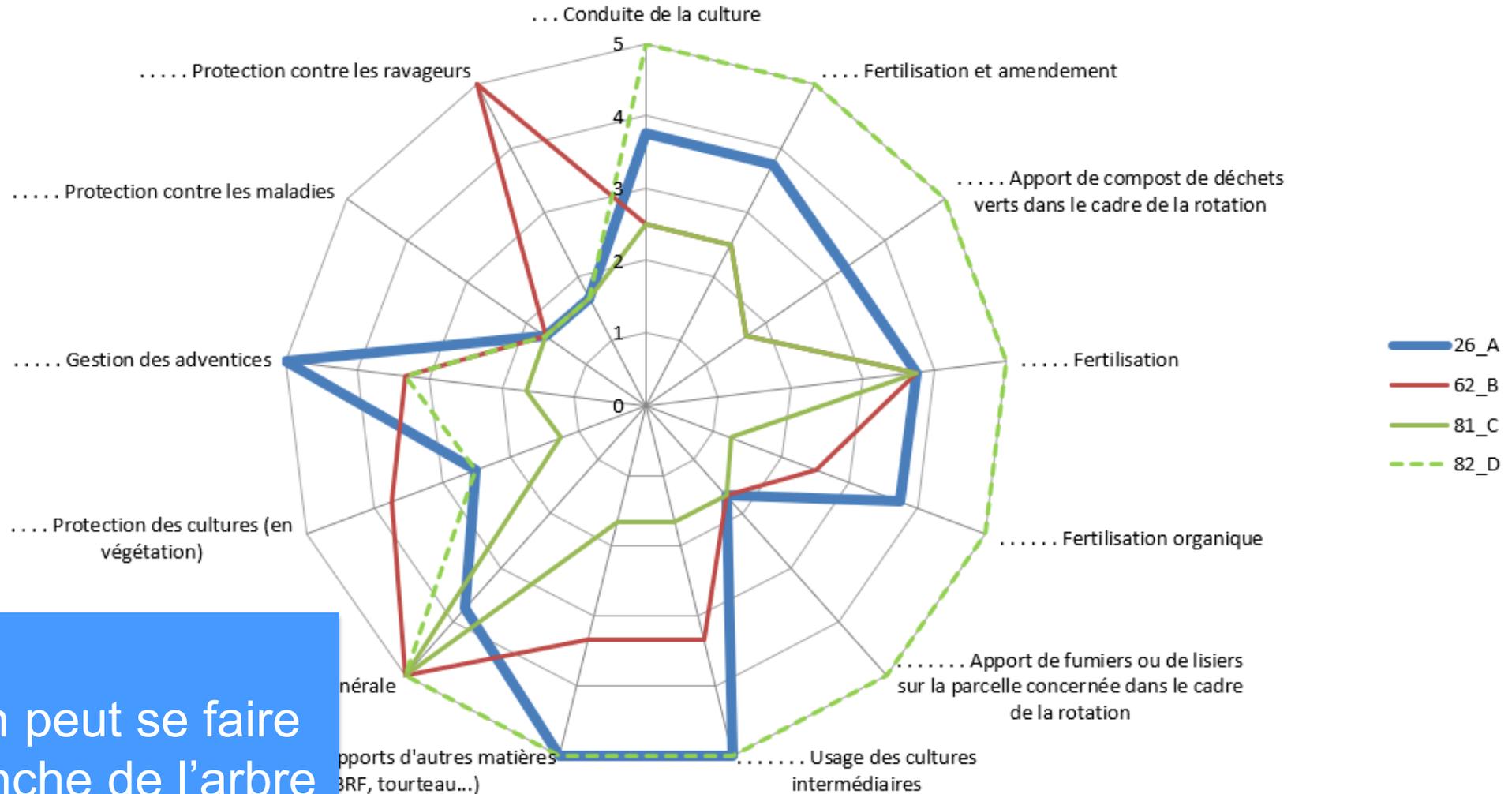
Mode de conservation

Température de stockage





DEXI_AIL



L'évaluation peut se faire sur une branche de l'arbre



Perspectives en vue de la validation de DEXi

Données pour
validation

Comparaison
donnée de DEXi
Fusariose de l'ail
et des
observations de
terrain

Statistiques

Mise en
œuvre de
différentes
analyses
statistiques
(ACP, GLM,
Lasso)

Résultats

Résultats statistiques
trop hétérogènes,
mais aussi difficulté
pour estimer avec
précision la pression
fusariose

DEXi assez sensible
pour différencier des
parcelles

Amélioration

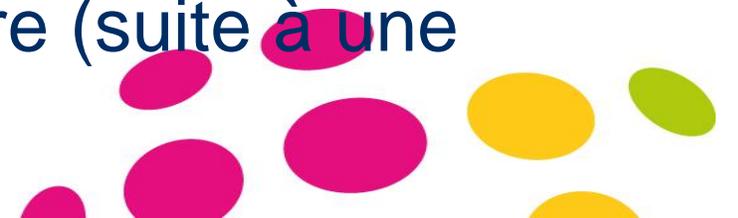
- 1) Estimer de manière précise pression de la maladie
- 2) Avoir un réseau de parcelles en nombre suffisant, bien renseignées

Conclusions



Avantages et limites de DEXi Fusariose de l'ail

- Outil assez simple à renseigner : 34 critères
- Rassemble les connaissances actuelles sur *Fusarium proliferatum*
- Sensible pour distinguer des parcelles entre elles
- Permet d'avoir une réflexion globale sur les facteurs favorisant la maîtrise de la fusariose de l'ail
- Permet de combiner les leviers «agronomiques » entre eux en vue de la maîtrise de la fusariose
- Demande une validation possible via une confrontation avec un réseau d'observation adapté
- Utilisable par des conseillers dans le cadre d'ateliers de recherche de systèmes performants sur le plan sanitaire (suite à une formation)





PERSPECTIVES

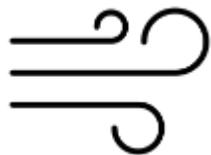
PROJETS DE RECHERCHE EN COURS ET A DEVELOPPER

C. Leyronas, M. Bardin, S. Bureau, F. Charles, V. Edel-Hermann, H. Hunyadi

Pluie ?



Air ?



Eau d'irrigation ?

Infection durant le cycle cultural ?

Transmission par les caïeux ?



Plantes en rotation ?

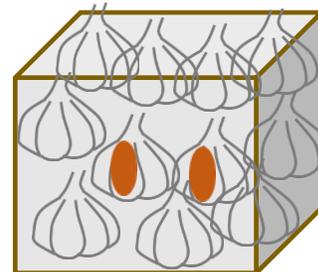
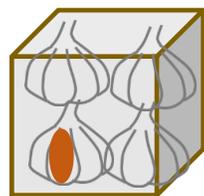
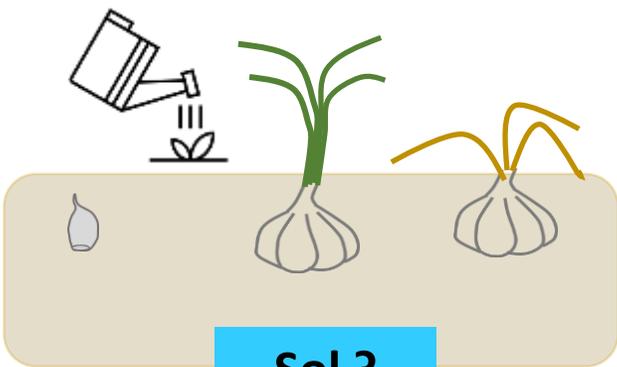
Sol ?

Conditions d'apparition pendant le stockage ?

Adventices ?

Année N

Année N+1





PROJETS EN COURS

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR
FRANCE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Liberté
Égalité
Fraternité



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR
FRANCE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
Liberté
Égalité
Fraternité



GARantir l'état sanitaire des semences d'aiL au cours du processus de multiplication pour aboutir à des plants Certifiés Indemnes de fusariose.

Générer des OUtils pour aSSainir la filière ail vis-à-vis de la fusariosE



CULTIVER
PROTÉGER
autrement





PROJETS EN COURS



Sensibilité variétale

- Tests en conditions contrôlées sur variétés certifiées



Méthodes de détection

- LAMP
- Spectroscopie
- PCR digitale



Méthodes d'assainissement

- UVC
- Thermothérapie
- Biocontrôle (ABM)



Mode de pénétration dans les caïeux



Validation

- Essai au champ
- Exploration des réservoirs
- Pistes nouveaux ITK





PROJETS EN COURS



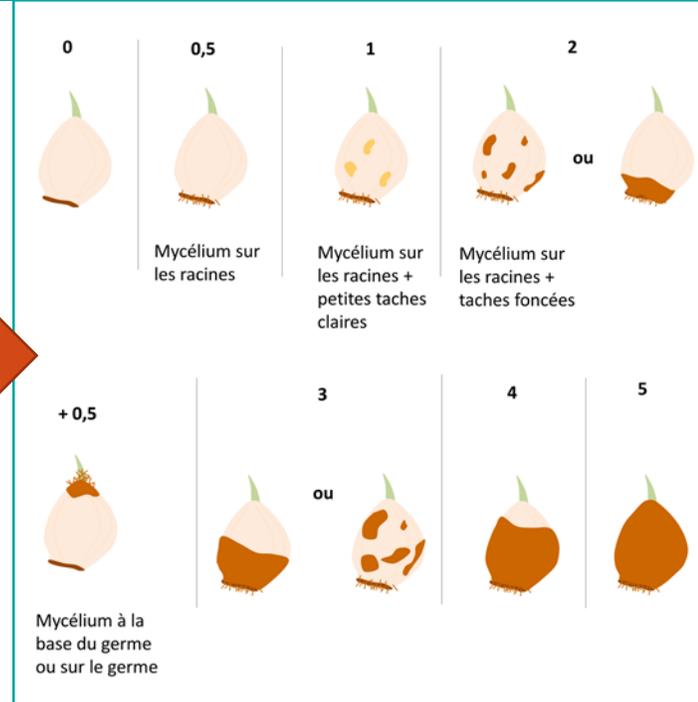
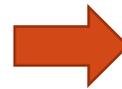
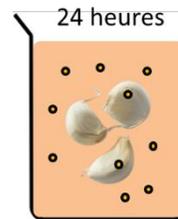
Sensibilité variétale

- Tests en conditions contrôlées sur variétés certifiées



Objectif : Evaluer la sensibilité des variétés d'ail certifiées vis-à-vis de la fusariose, en conditions contrôlées.

- Germidour, Paradour
- Messidrome, Messidor, Thermidrome, Therador, Sabagold, Sabadrome, Aulxito, Precosem
- Cledor, Iberose, Edenrose, Flavor, Arno, Printanor





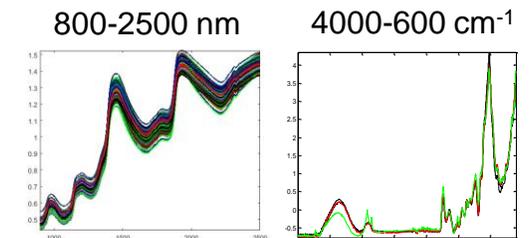
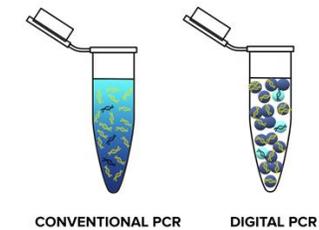
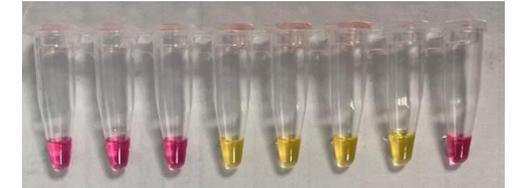
PROJETS EN COURS

Méthodes de détection

- LAMP
- PCR digitale
- Spectroscopie

Objectif : Identifier les lots visiblement sains mais porteurs de *Fp* pour les sortir des générations de multiplication.

- Amplification isotherme de l'ADN de *Fp* + test colorimétrique. Sans extraction d'ADN.
- Précision, sensibilité, quantification absolue.
- Nécessite matériel très spécifique et maîtrise technique.
- Détection proche et moyen infrarouge.
- Recherche des bandes spectrales spécifiques.





PROJETS EN COURS



Méthodes de détection

- LAMP
- PCR digitale
- Spectroscopie

Objectif : identifier les lots visiblement sains mais porteurs de *Fp* pour les sortir des générations de multiplication.

Projet PLUTO : détection des agents pathogènes (dont *F. proliferatum* sur ail) par odorat du chien (cyno-détection).

Demande de financement INRAE (sept 2022).

INRAE





PROJETS EN COURS



Méthodes d'assainissement

- UVC

- *Thermothérapie*

- *Biocontrôle (ABM)*

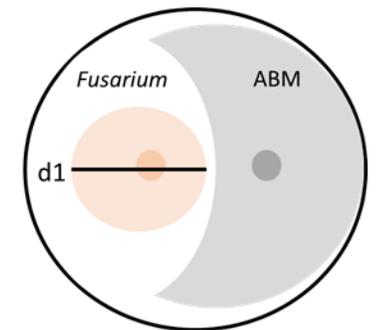
Objectif : trouver des méthodes pour inhiber *Fp/Fox* dans les caïeux + empêcher leur pénétration dans les tissus sains.

- Puissance × durée
- Température × durée

→ présence de *Fusarium*, capacité germinative, poids et couleur des caïeux, teneur en eau, fermeté.

- Confrontation *Fp/Fox* avec ABM. Évaluation effet *in vitro*.
- Confrontation avec une diversité de souches de *Fp* et *Fox*.
- Tests sur caïeux inoculés en conditions contrôlées.

- Trempage vinaigre.





PROJETS EN COURS

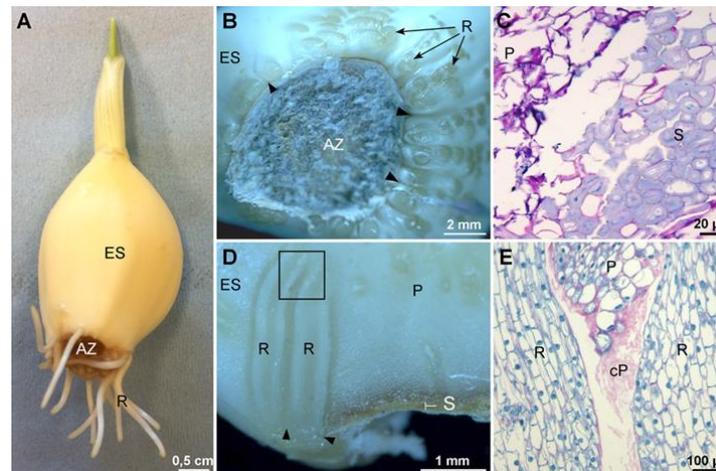
Mode de pénétration dans les caïeux



Objectif : Observer et définir le mode de pénétration de *F. proliferatum* dans les caïeux.

- Hypothèse de pénétration par le germe (pénétration par les blessures naturelles sur le plateau racinaire déjà testée).
- Inoculation, coloration, observation.

→ cibler les zones d'application des traitements (UVC, ABM etc...)





PROJETS EN COURS



Validation

- *Essai au champ*
- *Exploration des réservoirs*
- *Pistes nouveaux ITK*

Objectifs :

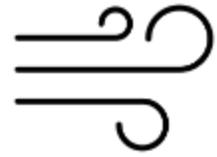
- Valider 1 ou 2 méthodes d'assainissement des caïeux au champ.
- Suivre l'état des caïeux (colonisation par *Fp*) au cours du cycle cultural.
- Explorer les réservoirs potentiels d'inoculum (avec méthodes de détection) : sol, pluie, plantes en rotation...
- Imaginer de nouveaux itinéraires techniques minimisant le risque d'apparition de fusariose.

ETUDES EN COURS

Pluie ?



Air ?

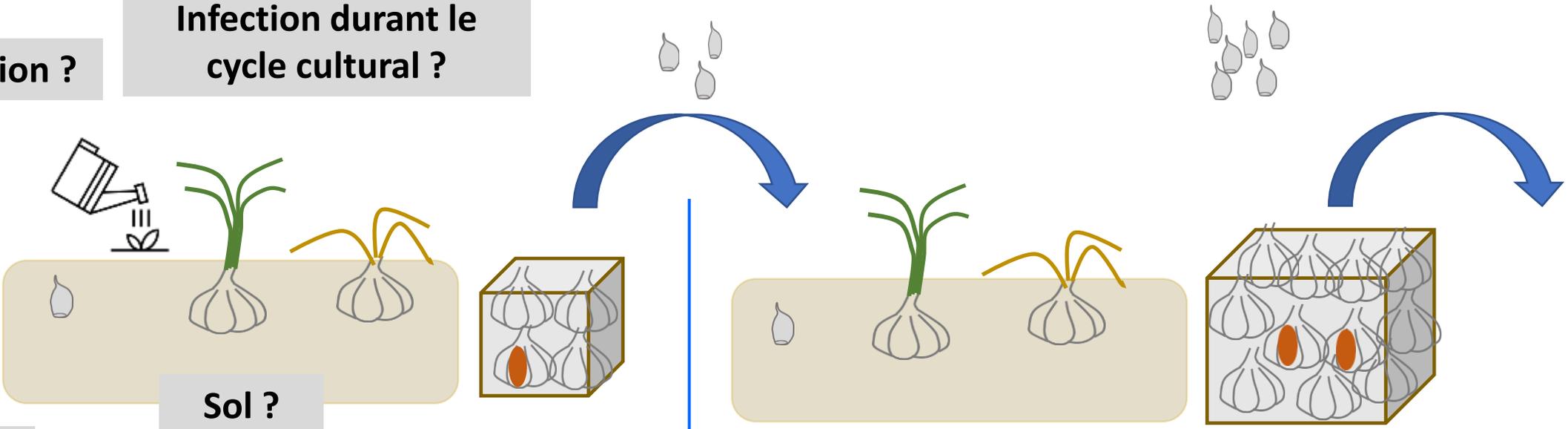


Eau d'irrigation ?

Infection durant le cycle cultural ?



Plantes en rotation ?



Sol ?

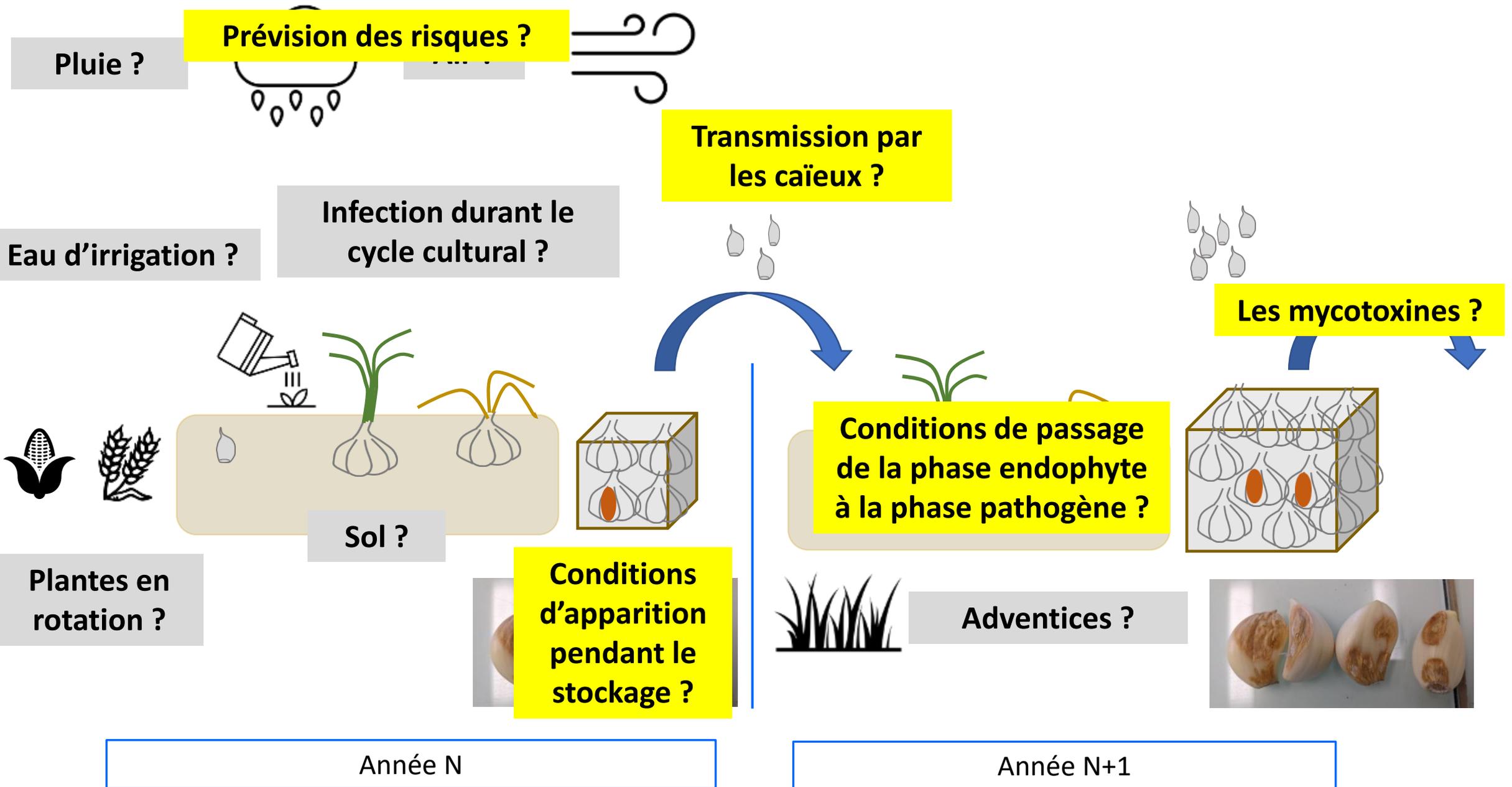
Adventices ?

Année N

Année N+1



ASPECTS NON ENCORE ETUDIÉS



Webinaire de restitution – volet Ail

17 novembre 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*





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



CEFEL ©





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
- Caractérisation des sols, des leviers composts et des plantes
 - **Pas de test de réceptivité pour les sols avec le pathosystème *F. proliferatum*-ail**
 - Rapport sur le screening des composts + fiches d'évaluation des composts
 - Rapport « Caractérisation des métabolites des plantes en réaction à la présence de *F. proliferatum* (ail) et identification de marqueurs (indicateurs) précoces de l'impact des leviers agroécologiques testés dans le projet sur le contrôle (gestion) de *Fusarium proliferatum* »
- Essais sur les leviers agroécologiques
 - Rapport incluant les CR des essais et synthèse avec perspectives

PROJET CASDAR P.540 - SYNERGIES

SYNERGIES. Maîtriser les fusarioses dans les systèmes légumiers (melon et ail) selon la diversité des sols. Proposition de lecture

FIBL France

Synergies : Livrable - Tâche 1.2

FIBL France

Synergies : Livrable - Tâche 2.1.1 « Screening des composts »

Partie 1 : Analyses chimiques des composts et tests de phytotoxicité



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.



Synthèse des résultats d'expérimentation

Action 2 - Amélioration des connaissances sur les interactions sol-plante-microorganismes en lien avec l'efficacité des leviers agroécologiques

Le projet SYNERGIES a la recherche de solutions de lutte contre la fusariose de l'ail

Un projet centré sur l'étude des leviers agroécologiques en France, l'ail est une culture avec des enjeux économiques importants en lien avec une forte spécialisation des bassins de production et de nombreux signes d'identification de la Qualité et de l'Origine (DQO). Or, depuis les années 2000, cette culture est fortement impactée par des pourritures qui s'échappent lors de la phase de conservation (Vivienne et al., 2021). Les agents pathogènes responsables de ces pourritures sur l'ail français ont été identifiés : il s'agit majoritairement de *Fusarium proliferatum* et dans une moindre mesure de *F. oxysporum* (Leyronas et al., 2018 ; Chretien et al., 2021).

A l'heure actuelle, peu de solutions efficaces sont homologuées pour protéger l'ail des *Fusarium* spp. et celles-ci sont incompatibles avec la volonté d'accroître l'autonomie des exploitations agricoles vis-à-vis des produits phytosanitaires. Le projet SYNERGIES s'intéresse donc aux leviers agroécologiques qui semblent prometteurs pour lutter contre la fusariose de l'ail : amendements organiques et produits de biocontrôle.

Des essais en conditions contrôlées et en parcelles de producteurs L'action 2 du projet SYNERGIES a pour objectif de comprendre les processus impliqués dans l'efficacité des leviers agroécologiques mis en place selon les variables pédoclimatiques et selon les systèmes de culture. Parmi les moyens mobilisés pour répondre à cet objectif, des essais ont été mis en place.

Les expérimentations en conditions contrôlées réalisées par le CITEA ont pour but d'évaluer les composts libérés au préalable comme ayant potentiellement un intérêt pour lutter contre la fusariose de l'ail (cf. Action 2 - Tâche 2.1 - Livrable 1.4, effectué par le FIBL). Ces composts sont comparés à l'inoculation de *F. proliferatum* dans un substrat de culture.



LE PROJET SYNERGIES

Les livrables



- Transfert professionnels / enseignement agricole
 - Journée technique « Du compost dans mes champs » (15/03/2022)
 - Fiche technique « La fusariose de l'ail – Etat des connaissances et perspectives »
 - Un prototype de l'outil DEXi avec son dictionnaire
 - Essai leviers classe BTS EPLEFPA Montauban : fiche pollen et protocole expérimental détaillé + ½ journée d'échanges avec partenaires du projet
- 4 rapports de stage (M2) + 1 communication dans des journées scientifiques + plusieurs articles dans la presse spécialisée



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

