

ARELPAL

Association Régionale
d'Expérimentation Légumière des
Pays de la Loire



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*

Projet SUPERNOMA : comment les couverts végétaux et les matières organiques (compost ou pellets) peuvent devenir une voie innovante de protection des cultures maraîchères ?

Charlotte BERTHELOT - CTIFL
Armelle BRAUD - CDDM
Arjuna RAVINDIRANE - CDDM
Marine RENAUDON - CDDL



Origine du projet



► SUPERNOMA (2022-2024):

SUPprimer les PATHogènes en Repérant les NOuveautés en Maraichage

- Pays de la Loire leader sur le marché de la mâche (83% de la production française), jeunes pousses, concombres, radis,...3e producteur de tomates
- Les rotations courtes, occupation quasi permanente des sols, absence ou disparition de solutions chimiques
 - ⇒ exposition des productions aux bioagresseurs du sol (*Pythium spp*, Rhizoctone, nématodes...)
 - (ex en 2015-2016 destruction de 50% des récoltes de mâche dû au dépérissement hivernal)

Alternatives aux produits phytosanitaires

► Exploration de produits de biocontrôle et PNPP: projet OBIOLEG (2019-2021)

► Autres alternatives thermiques: solarisation et vapeur (efficaces sur adventices) PATHOSOL (2013-2015) et DESARM (2020-2022)



Solarisation sous Grand Abri Plastique (GAP)



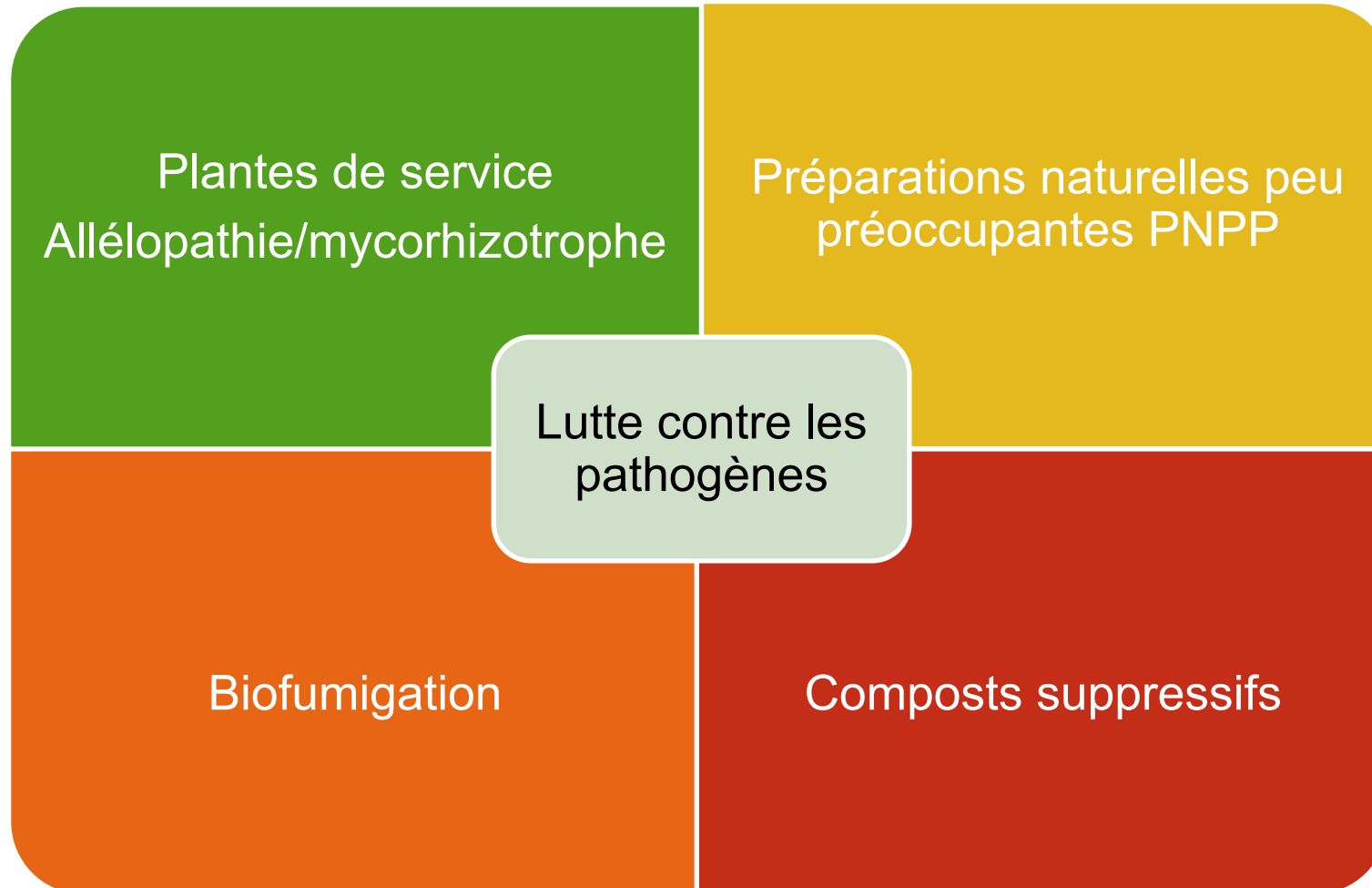
Automate vapeur

Contraintes de ces techniques

- Chronophages
- Couteuses (désinfection vapeur)
- Occupation des surfaces (solarisation)
- Dépend des conditions météo
- Impact négatif sur la diversité des sols

Obectif du projet Supernoma

Trouver des alternatives pour lutter contre les pathogènes du sol



ARELPAL



Les plantes de services

plantes allélopathiques et plantes mycorhizotrophes

Charlotte BERTHELOT charlotte.berthelot@ctifl.fr

CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes)

Plantes de services

AGROSYSTÈME

Plante exploitée = culture de rente

Plante qui vise à générer
des profits en une ressource
donnée i.e. la plante d'intérêt
de la culture, pièce maîtresse
de l'agrosystème



Plante de service

Plante qui apporte un ou plusieurs services
écosystémiques à l'agrosystème

Inclus :

> **les plantes de biocontrôle** : plantes qui apportent
le service écosystémique de régulation des
bioagresseurs dans l'agrosystème

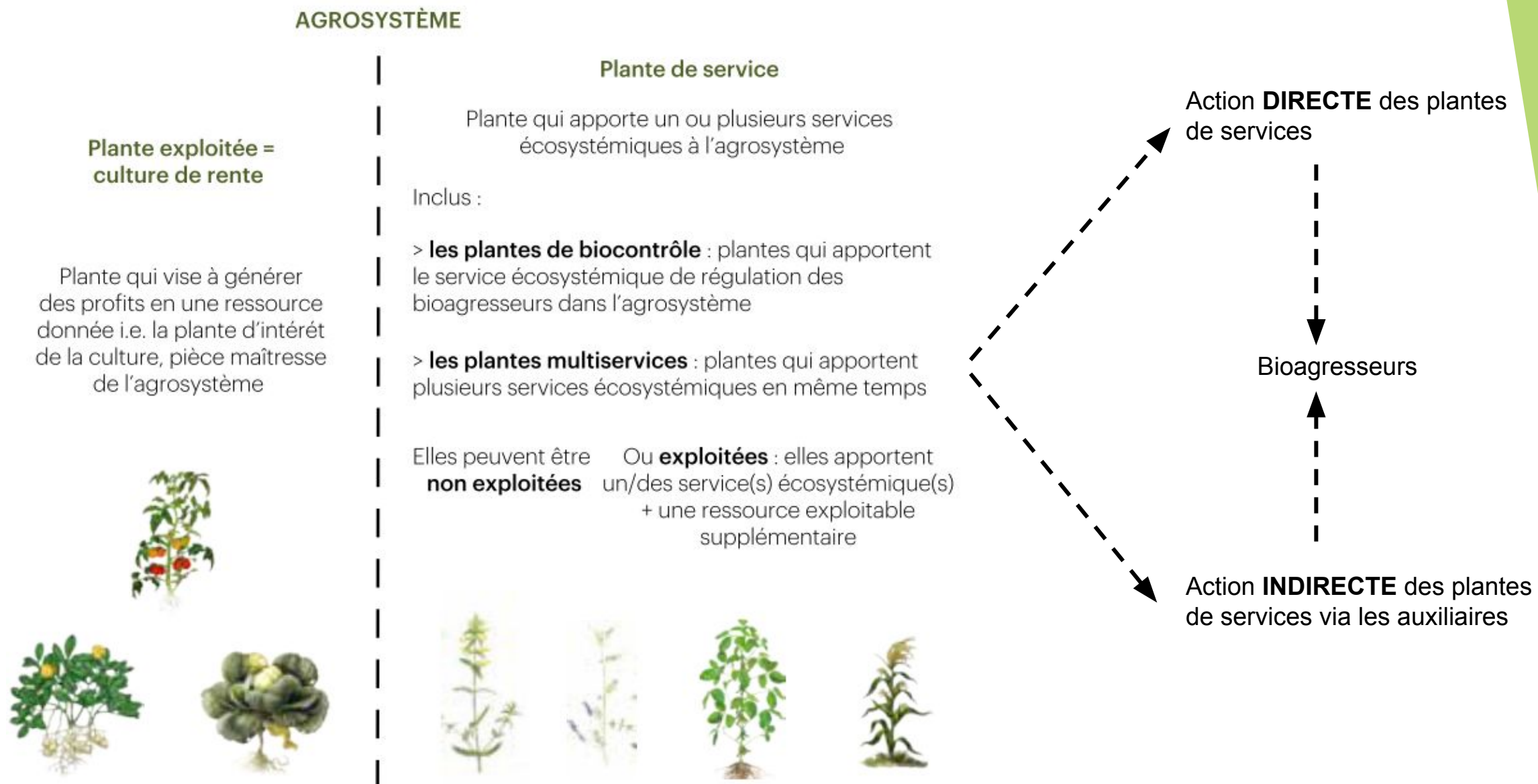
> **les plantes multiservices** : plantes qui apportent
plusieurs services écosystémiques en même temps

Elles peuvent être **non exploitées** Ou **exploitées** : elles apportent
un/des service(s) écosystémique(s)
+ une ressource exploitable
supplémentaire



(HSInfosCtifl, 2020)

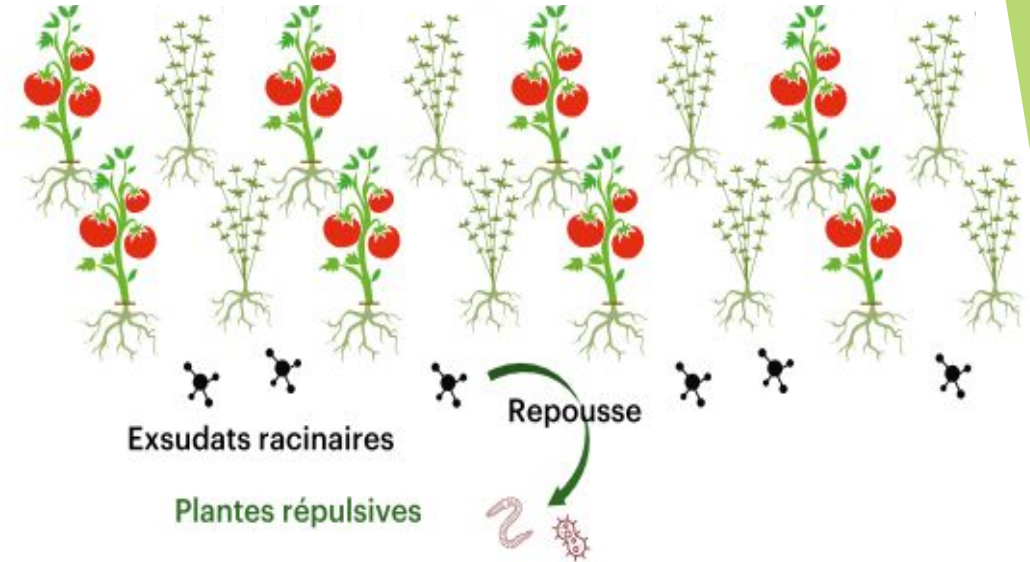
Plantes de services



Plantes de services à action directe

Plantes allélopathiques

- Les PdS rendent les plantes de rente moins attrayantes via l'émission d'exsudats racinaires toxiques
- Les PdS peuvent également former une barrière physique de mucilage dans la rhizosphère de la plante de rente



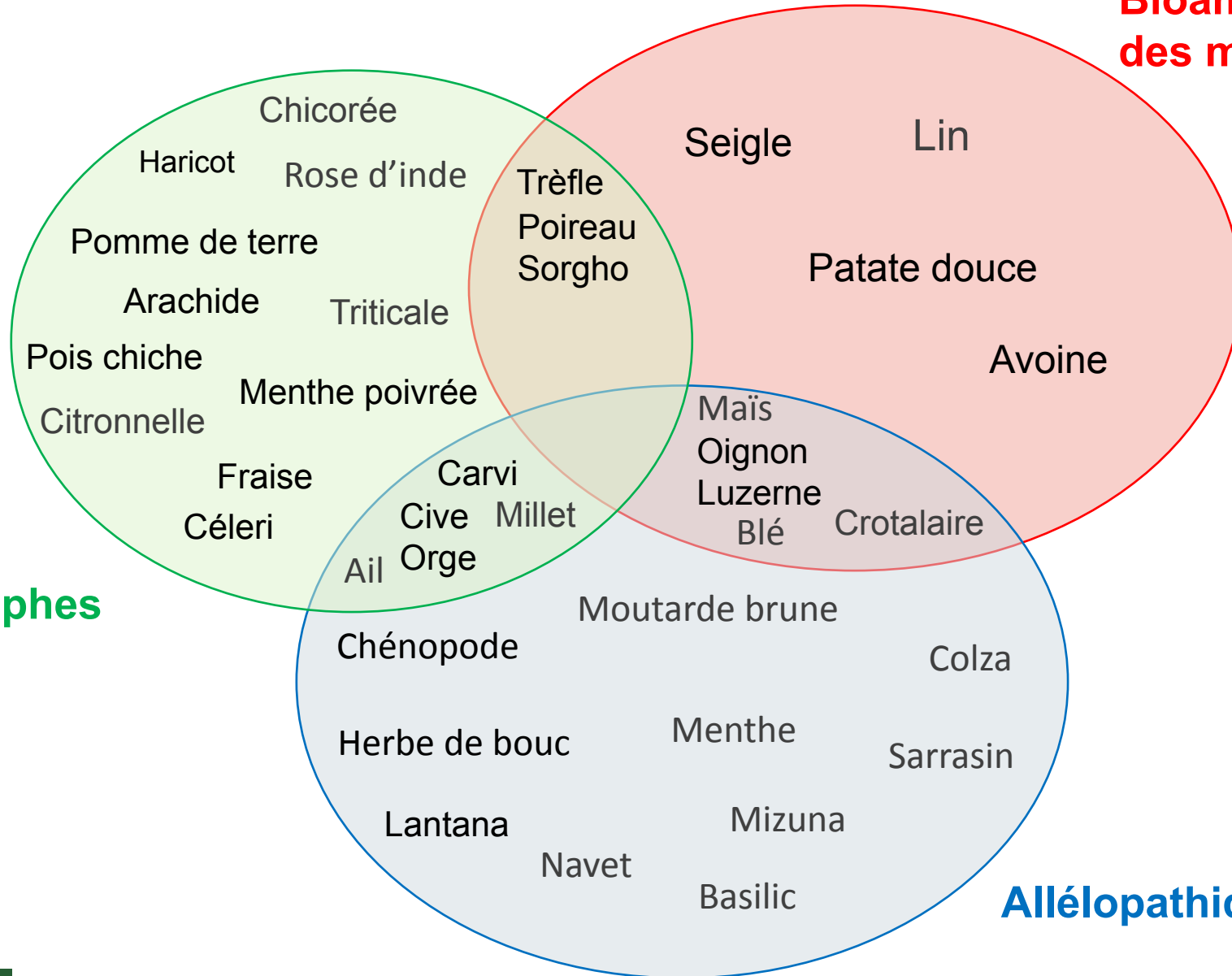
Les plantes vertes représentent les plantes répulsives.
Elles repoussent les bioagresseurs via les composés qu'elles secrètent.

Inventaire des plantes de service (PdS)

**Bioamplificatrices
des mycorhizes**

Mycorhizotrophes

Allélopathiques



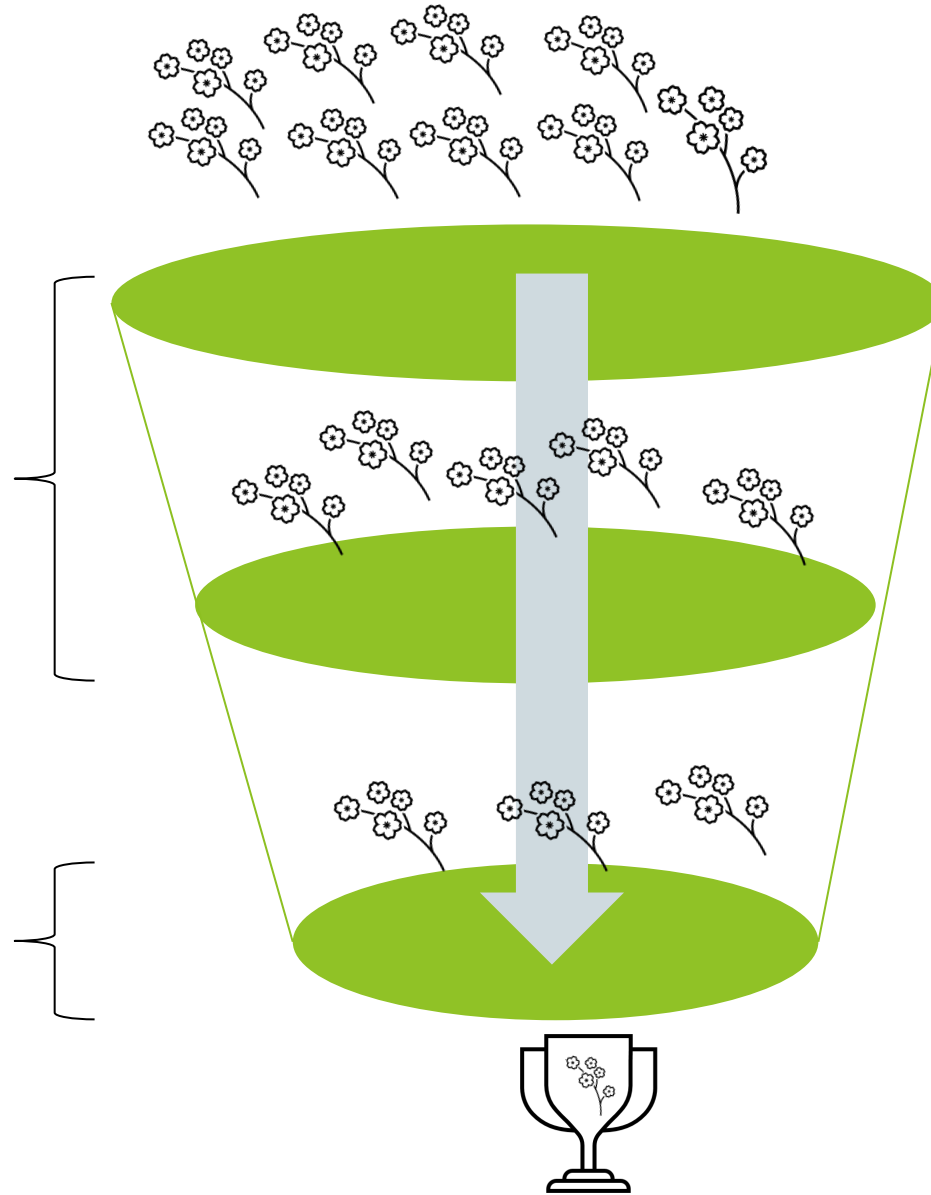
Évaluation des plantes de services (PdS)

1) Évaluer et comprendre les modes d'action des PdS

Biomasse
État sanitaire
Statut oxydatif et photosynthétique
Colonisation racinaire

2) Valider la faisabilité

Biomasse
État sanitaire



Criblage en pots



Criblage en parcelles expérimentales



Validation chez des producteurs

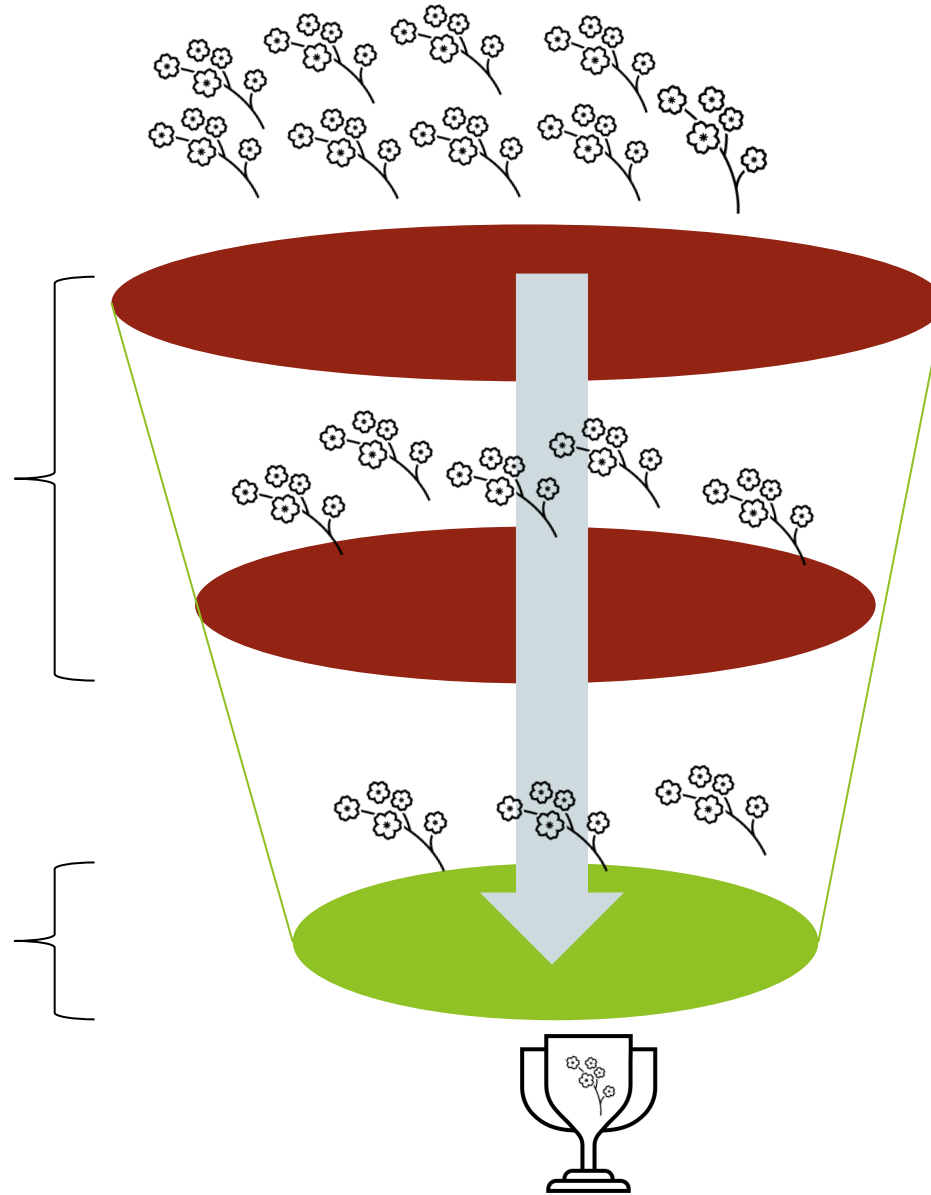
Évaluation des plantes de services (PdS)

1) Évaluer et comprendre les modes d'action des PdS

Biomasse
État sanitaire
Statut oxydatif et photosynthétique
Colonisation racinaire

2) Valider la faisabilité

Biomasse
État sanitaire



Criblage en pots



Criblage en parcelles expérimentales

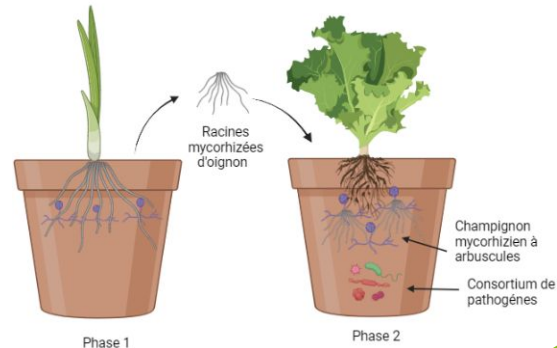


Validation chez des producteurs

Évaluation des plantes de services (PdS)

Phase 1:
Multiplication de
l'inoculum

Phase 2:
Transfert de
l'inoculum

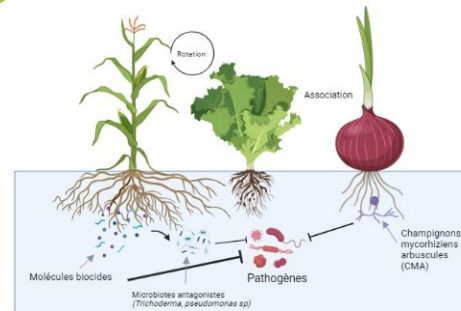


Mycorhizotrophe et allélopathique

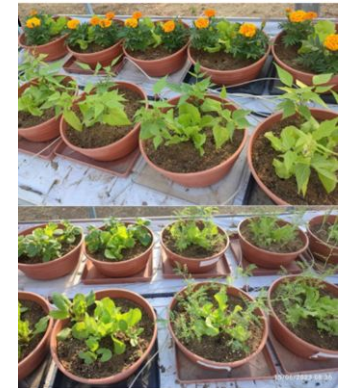
Bioamplification

Bioamplification

Associé
Rotation



Coculture simultanée ou en rotation
de la PdS avec la plante de rente



Consortium de
pathogènes ligériens

Consortium composé de : *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Sclerotinia* spp., *Rhizoctonia solanii*, *Botrytis cinerea* et *Thielaviopsis basicola* multiplié sur un substrat terreau/sable (50/50 v/v)

Évaluation des PdS

1) Évaluer et comprendre les modes d'action des PdS

Biomasse

Biom_aérienne

Biom_racinaire

État sanitaire

Indice_Nécrose

Statut oxydatif et photosynthétique

Chl

Flav

NBI

Colonisation racinaire

Inten_Arbuscules

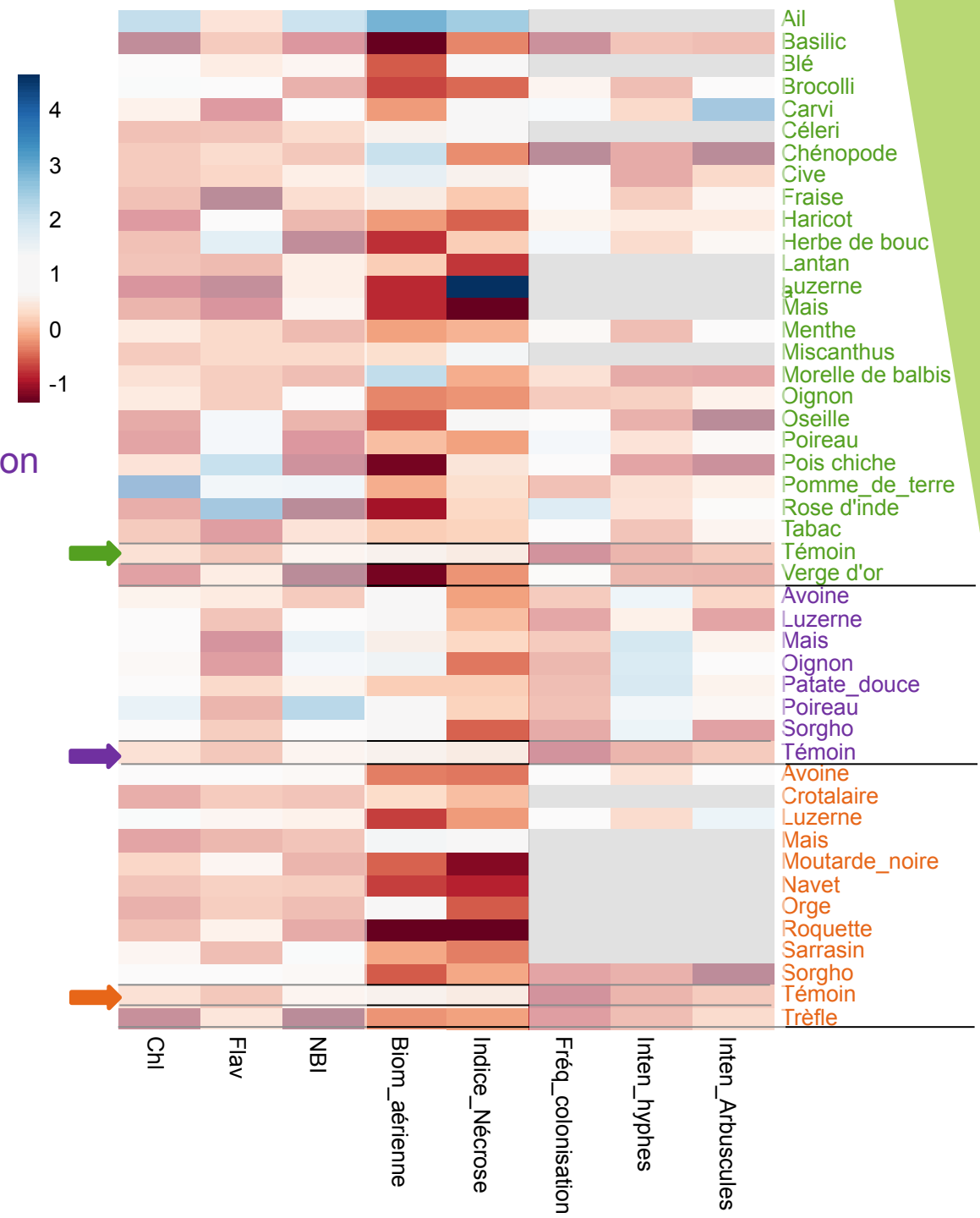
Inten_hyphes

Fréq_colonisation

Bioamplification

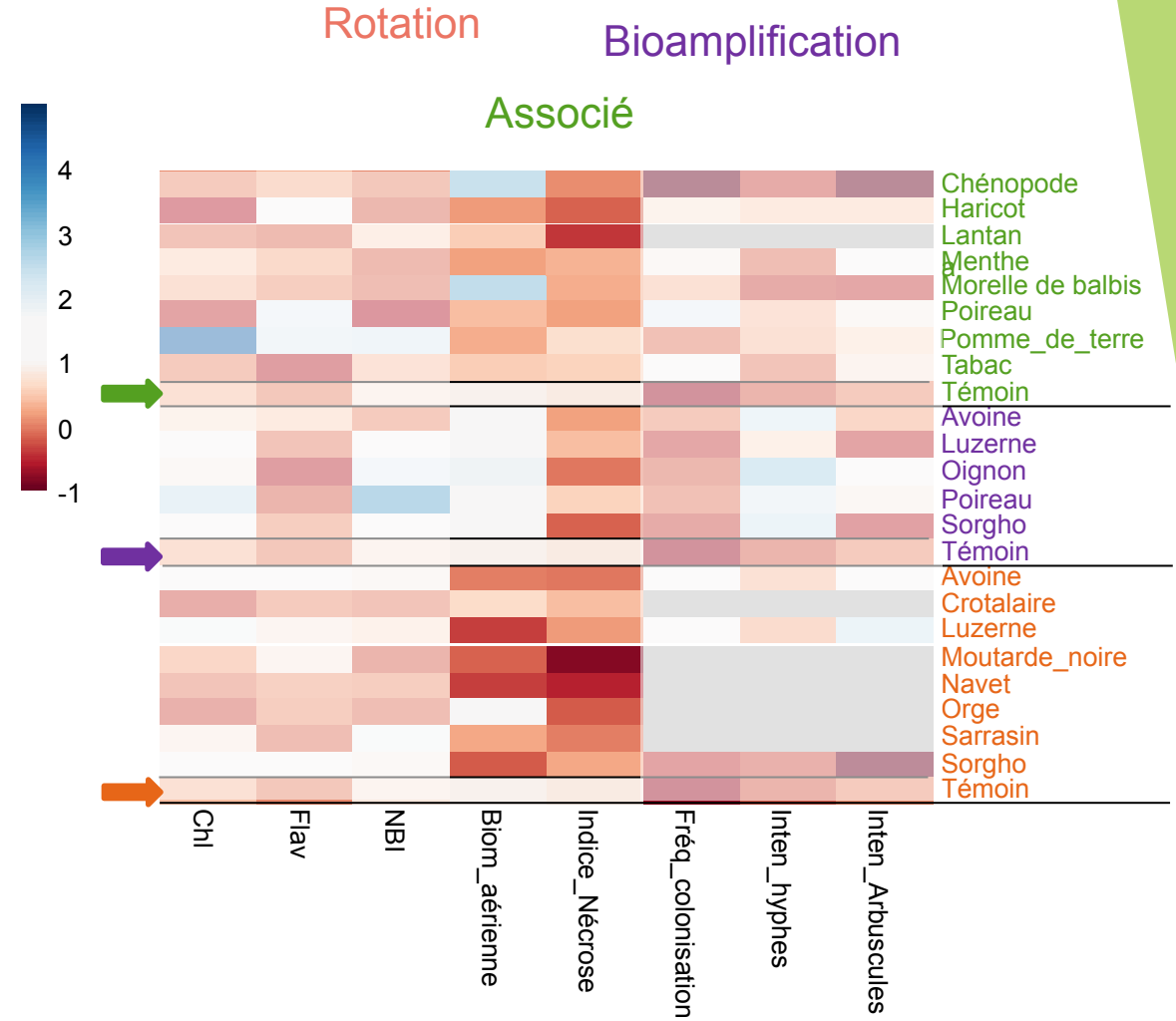
Associé

Rotation



Évaluation des Plantes de service (PdS)

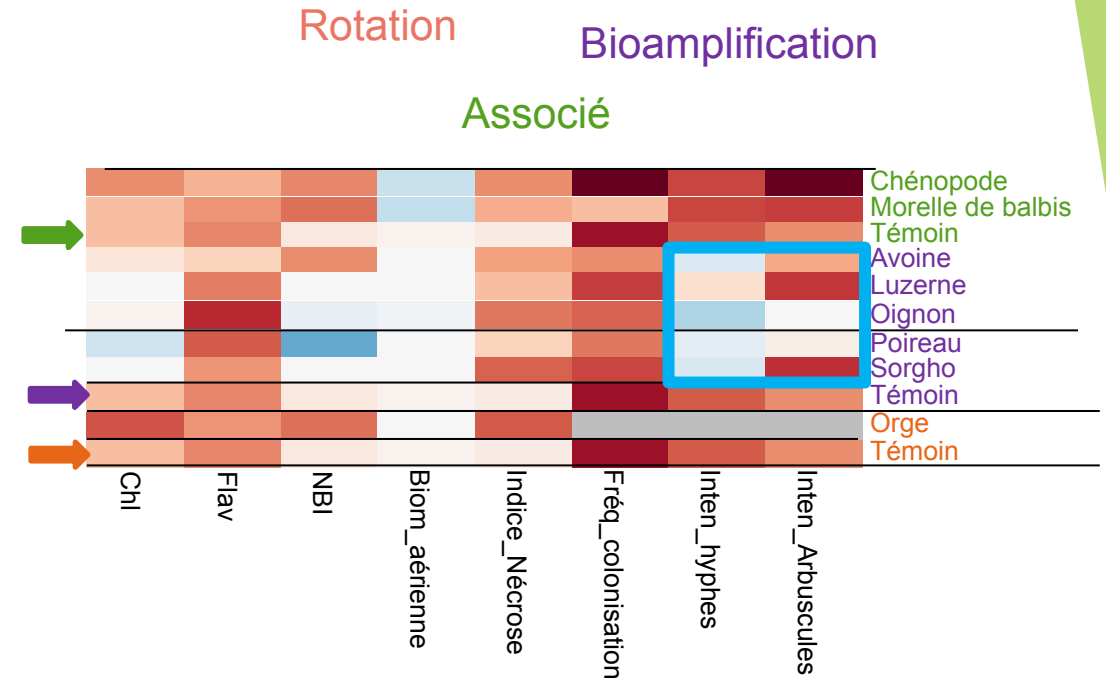
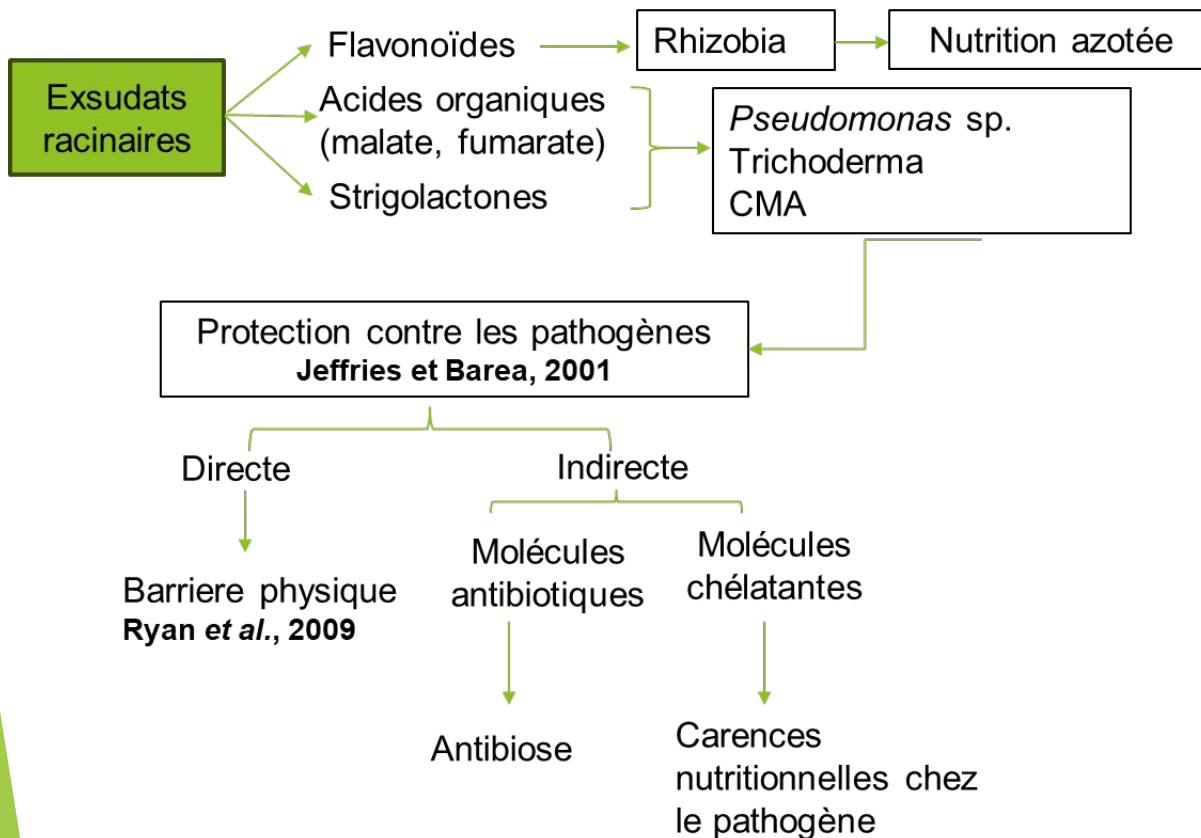
**Retrait des PdS amplifiant les maladies ou
diminuant drastiquement les rendements
= Disservices**



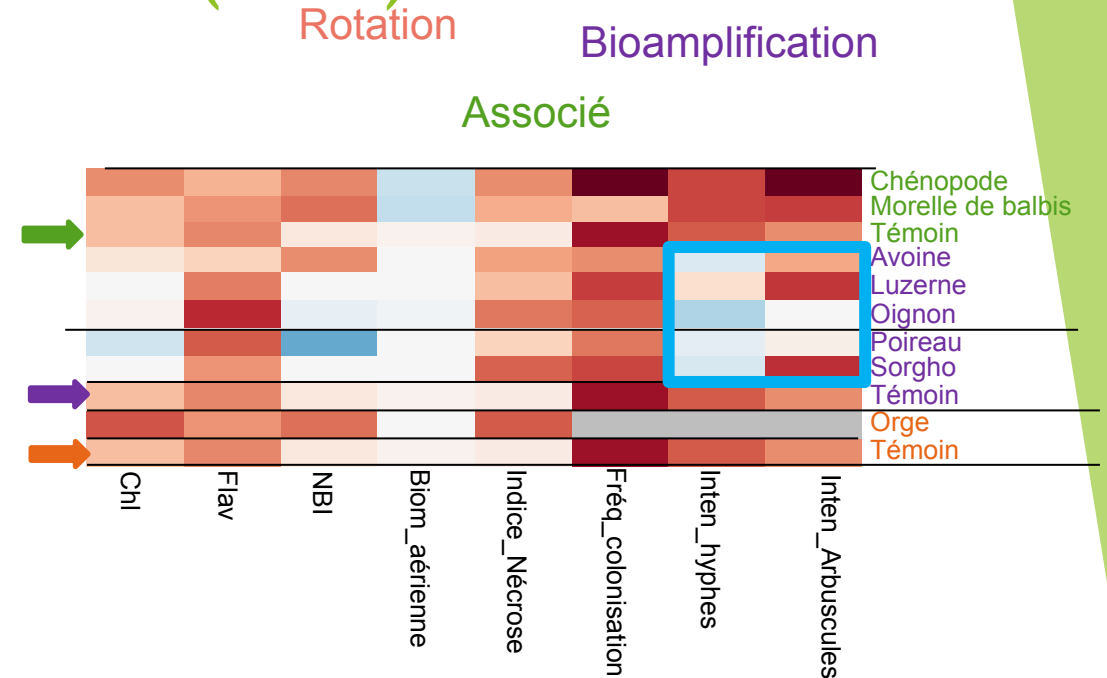
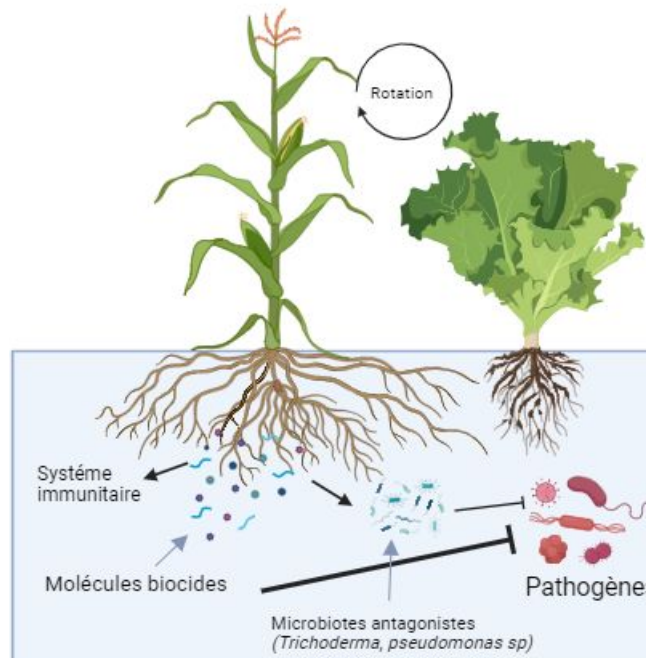
Évaluation des Plantes de service (PdS)

PdS d'intérêt :

↘ des symptômes avec ↗ ou ≈ biomasse



Évaluation des Plantes de service (PdS)



- **Ciboulette chinoise**: Lixiviats racinaires contiennent des composés volatiles (2-méthyl-2-penténal, disulfure de diméthyle ...) □ activité antimicrobienne sur *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4 (fusariose de bananier)
- **Chénopode**: Extraits foliaires permet de supprimer la croissance mycélienne de *Macrophomina phaseolina* (*Rhizoctonia bataticola*).
- **Sorgho**: Les feuilles/ racines contiennent la diurine hydrolysée en cyanure d'hydrogène = composé biocide.
- **Oignon** : Extrait aqueux des graines permet une réduction de 60 à 74 % de la croissance du mycélium de *Fusarium solani* et de 42 à 71 % de celui de *Rhizoctonia solani*. Induit la surexpression de gènes impliqués dans la défense (éthylène, AS et lignine) chez la tomate □ diminution de l'incidence du flétrissement (*Verticillium dahliae*)

Évaluation des Plantes de service (PdS)

PdS potentiellement intéressantes :

↘ des symptômes avec ↘ biomasse



Menthe



Lantana



Haricot



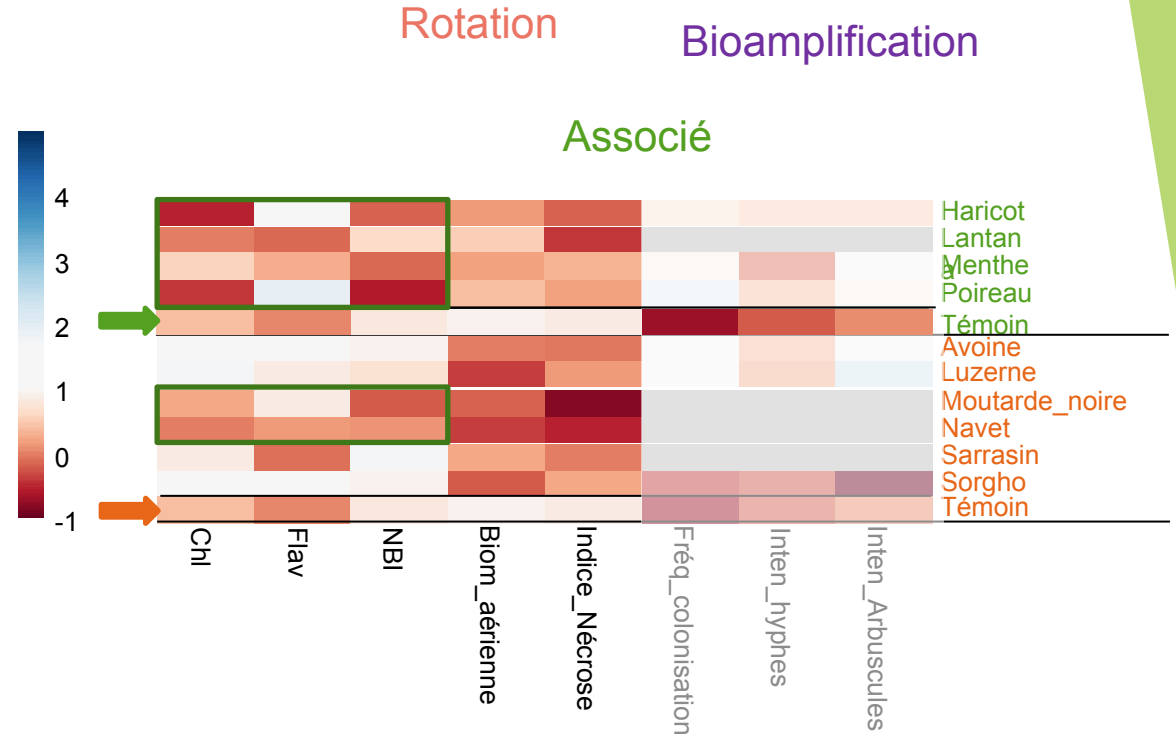
Navet



Poireau



Moutarde noire



Faible biomasse



[Chl] faible

Compétition lumineuse

Faible biomasse



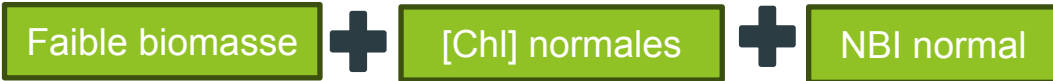
NBI faible

Compétition nutritive

Évaluation des Plantes de service (PdS)

PdS potentiellement intéressantes :

↘ des symptômes avec ↘ biomasse



Compétition chimique



Sorgho



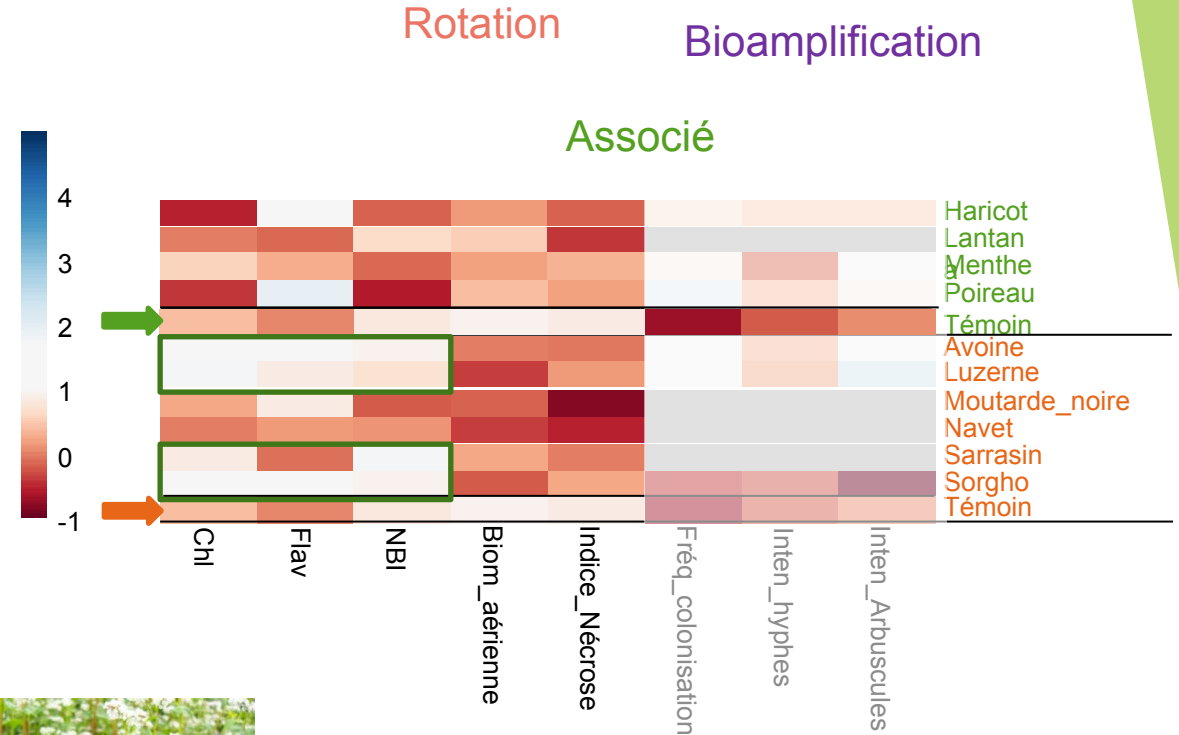
Avoine



Luzerne



Sarrasin



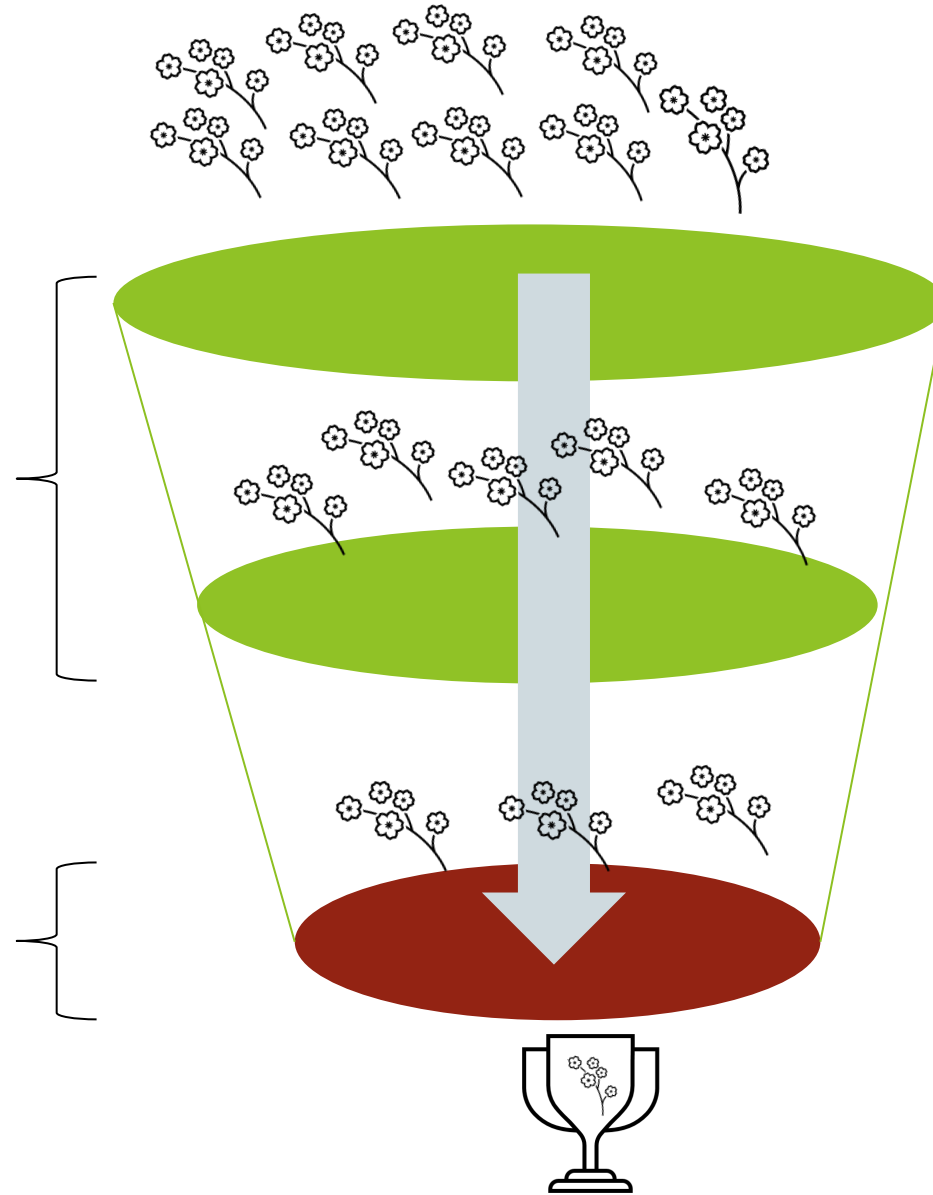
Évaluation des plantes de services (PdS)

1) Évaluer et comprendre les modes d'action des PdS

Biomasse
État sanitaire
Statut oxydatif et photosynthétique
Colonisation racinaire

2) Valider la faisabilité

Biomasse
État sanitaire



Criblage en pots



Criblage en parcelles expérimentales



Validation chez des producteurs

Plantes bioamplificatrices - Essai producteur

Objectif : Tester l'effet suppressif de 2 couverts sur le développement des pathogènes fongiques *Sclerotinia sp.* et *Rhizoctonia solani*.

☐ Culture : laitue (plein champ)

☐ Couverts semés le 27/09/2023

Modalité	Couvert	Dose / ha
M1	Seigle forestier	208 kg/ha
M2	Avoine rude	85 kg/ha

Couvert	Moyenne de Biomasse (en g)	Moyenne de Longueur des racines (en cm)
Avoine	924,67	18,17
Seigle	190,67	24,33

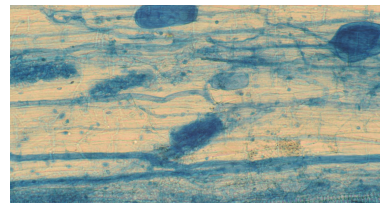
- ❖ Plantation salades S24 (mi-juin 2024)
- ❖ Récolte le 07/08/2024
- ❖ Notations sur 4 répétitions d'1ml/modalité

Plantes bioamplificatrices - Essai producteur



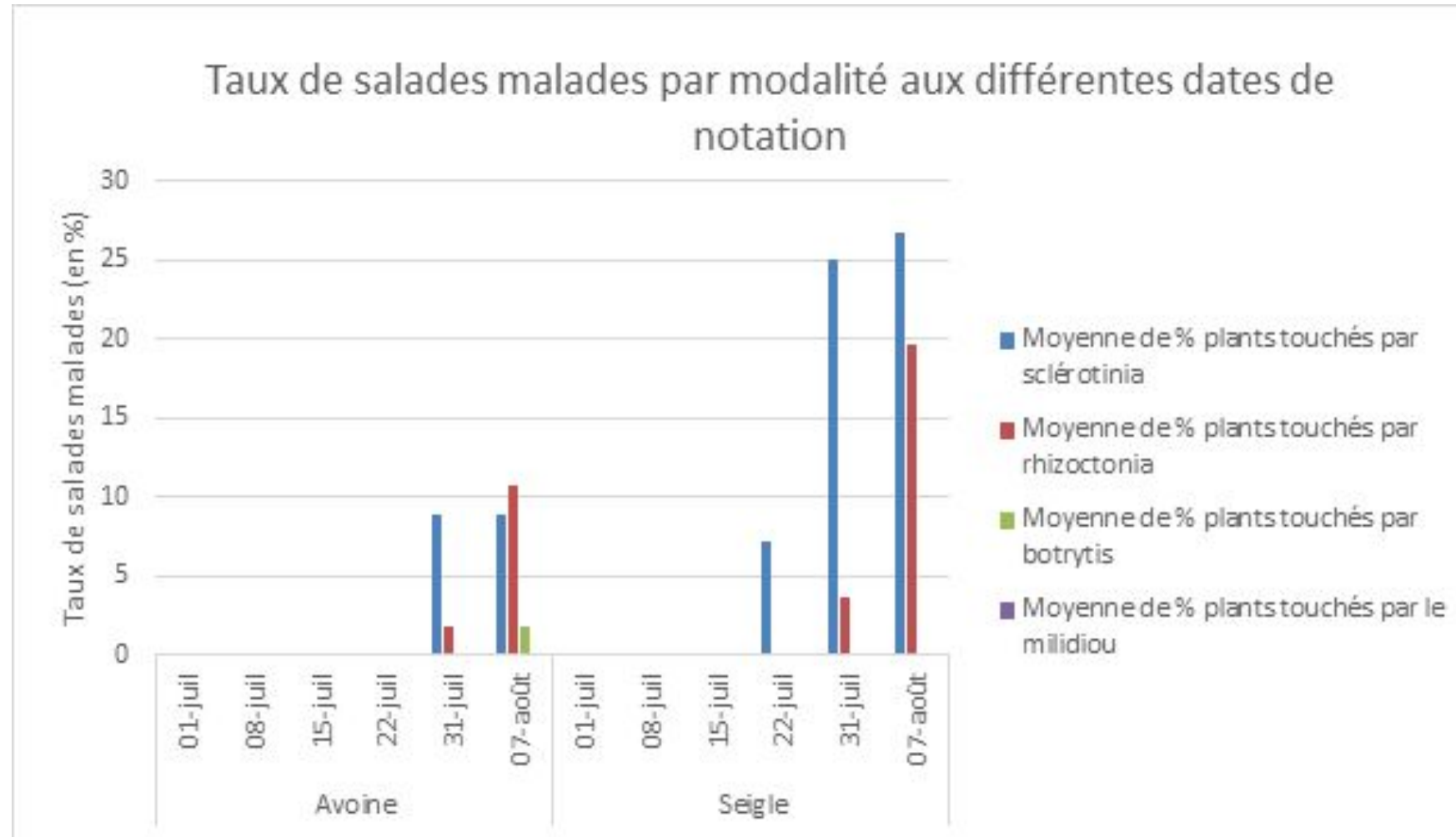
Fréquence de colonisation
Intensité de colonisation
Teneur en arbuscules

71%
12,4%
59,5%

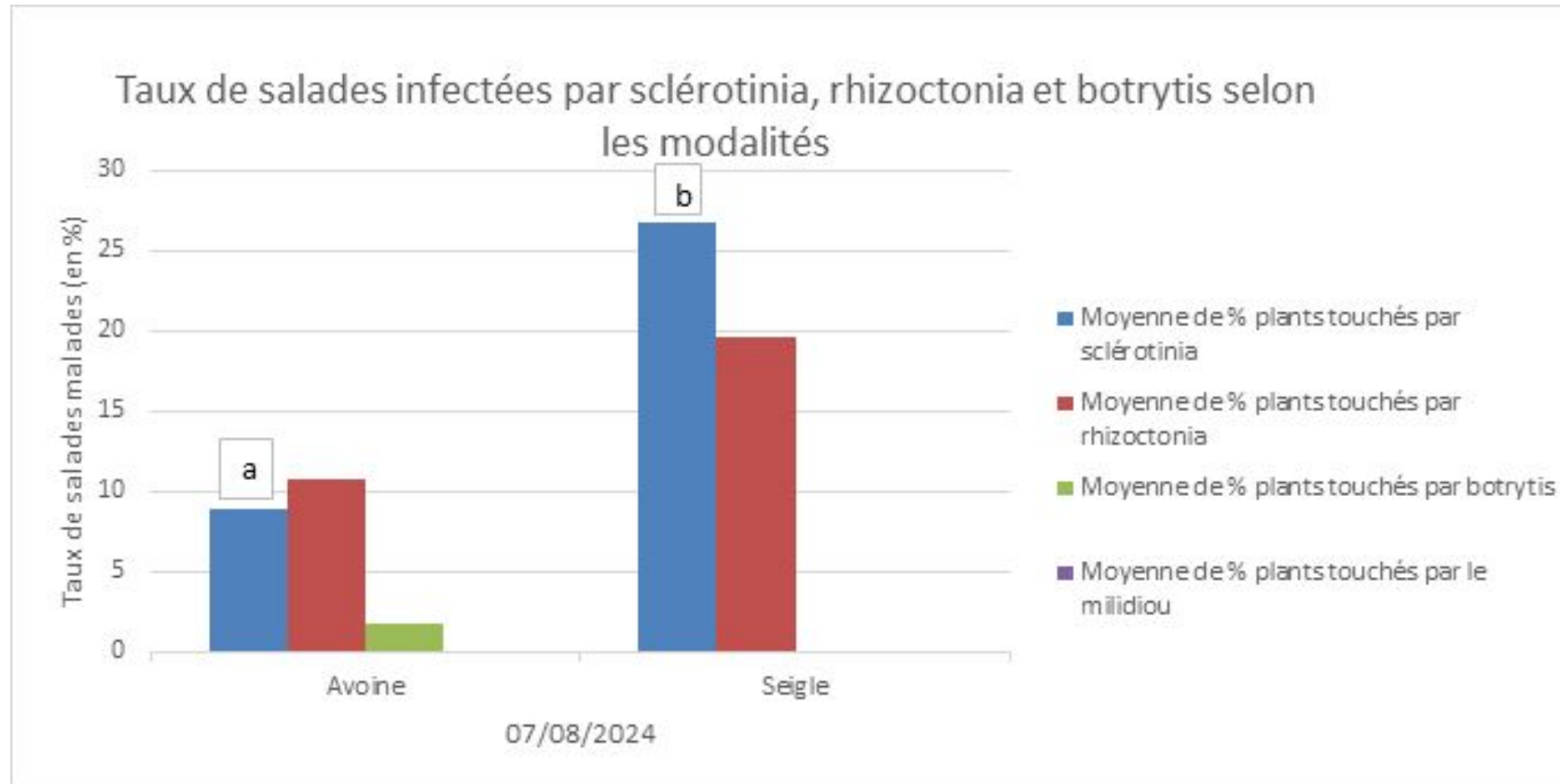


Fréquence de colonisation 100%
Intensité de colonisation 33,4%
Teneur en arbuscules 32,5%

Plantes bioamplificatrices - Essai producteur

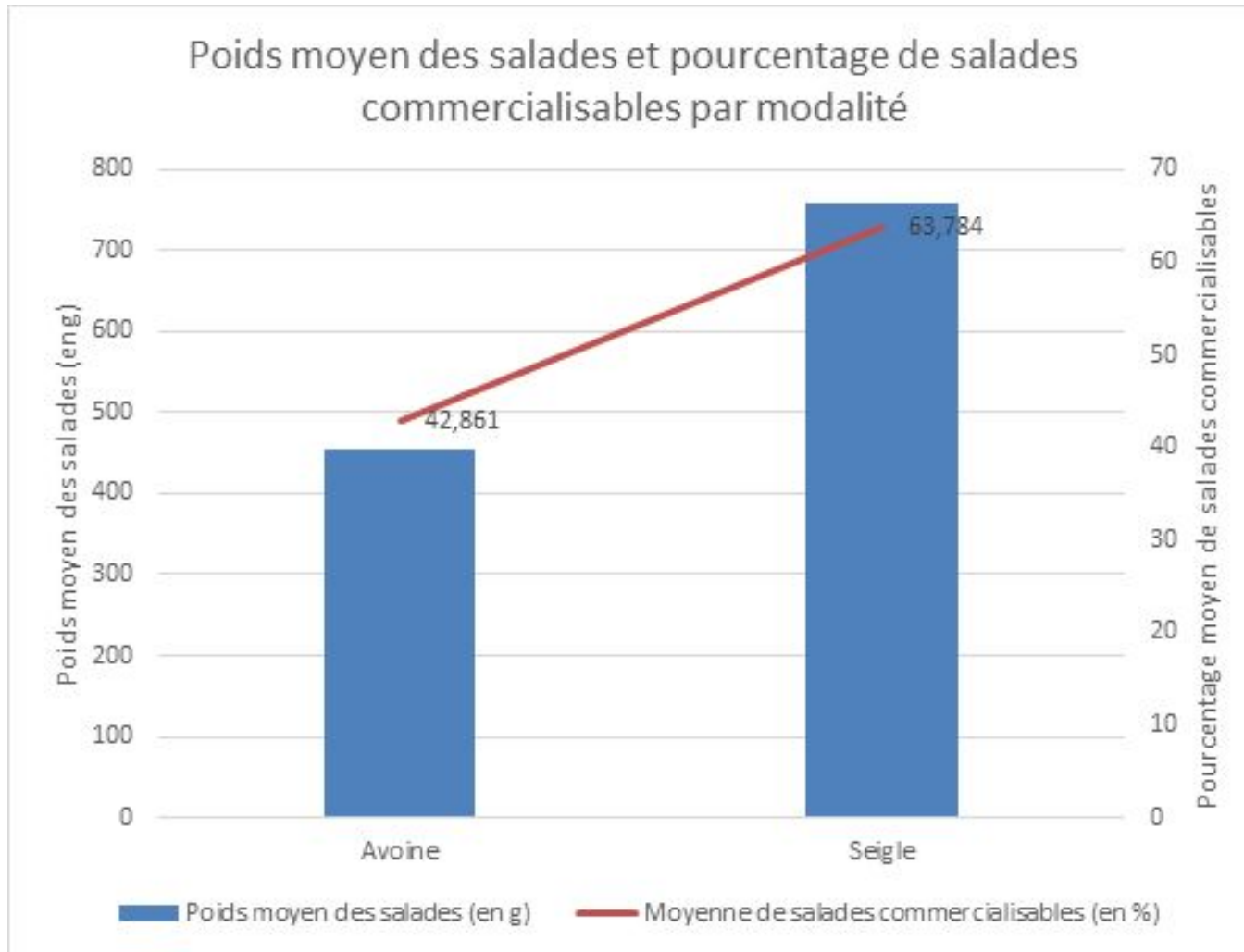


Plantes bioamplificatrice - Essai producteur



- ❖ Couvert d'avoine -> moins de salades avec du sclérotinia dans la parcelle (différence significative $p < 0,05$).
- ❖ Pas de différence significative sur rhizoctonia.

Plantes bioamplificatrices - Essai producteur



- ❖ Couvert de seigle -> meilleur rendement (différence significative $p < 0,05$).
- ❖ Salades commercialisables : poids > 450g et non touchées par sclérotinia

Conclusion- Essai producteur

Dans le cadre de cet essai :

- ▶ Planter un couvert d'avoine semblerait diminuer la pression sclérotinia dans la parcelle de salades -> essai à reconduire en comparant à un témoin sans couvert.
- ▶ Planter un couvert de seigle semblerait améliorer le rendement en culture de salades
- ▶ Pas de différence significative entre le seigle et l'avoine sur la pression rhizoctonia

Conclusions sur les plantes de services (PdS)



Criblages



en pots



en parcelles
expérimentales



chez des producteurs

Les acquis :

- Mise au point méthodologique d'un criblage de plante de services : 52 plantes évaluées et caractérisée en trois ans
- Plantes à effets intéressants in planta : Chénopode bon Henri, Morelle de Balbis, Avoine, Seigle, Fenugrec, Luzerne, Oignon, Poireau, Sorgho et Orge
- Validation in situ de l'intérêt de l'avoine pour limiter les dégâts de Sclerotinia

Les besoins :

- Évaluer et optimiser les implantations sur le terrain des Pds pour limiter les pertes de surfaces des cultures de rentes sans limiter les effets des Pds
- Rechercher des plantes proches taxonomiquement pour les plantes difficilement compatibles avec nos SdC
- Valider les plantes d'intérêt en association avec d'autres plantes de cultures.

Plantes de services



Des Questions ?

ARELPAL



La biofumigation

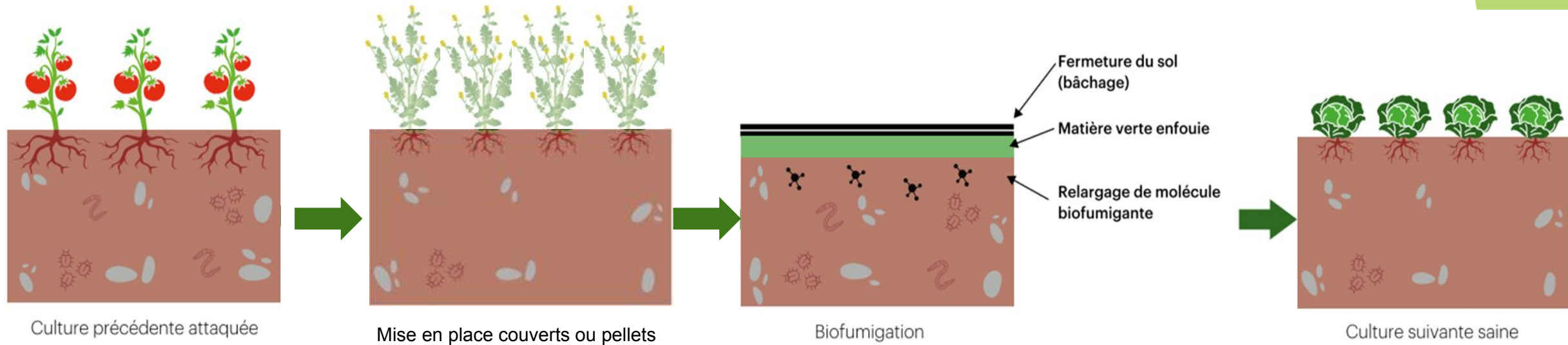
effets de couverts et de pellets végétaux

Armelle BRAUD - armelle.braud@cddm.fr

CDDM (Comité départemental de développement maraîcher)

Biofumigation-principes et mécanismes

- Définition: Utilisation des plantes pour libérer des molécules volatiles toxiques pour les microorganismes du sol



Biofumigation-principes et mécanismes

- Brassicacées (moutardes, roquette, navet..)
 - Forte teneur en glucosinolates (GLs)
 - Dégradation des GLs par la myrosinase en ITC (isothiocyanates) et TC (thiocyanates)
- Sorgho: Formation d'acide cyanhydrique (HCN) par dégradation de la dhurrine

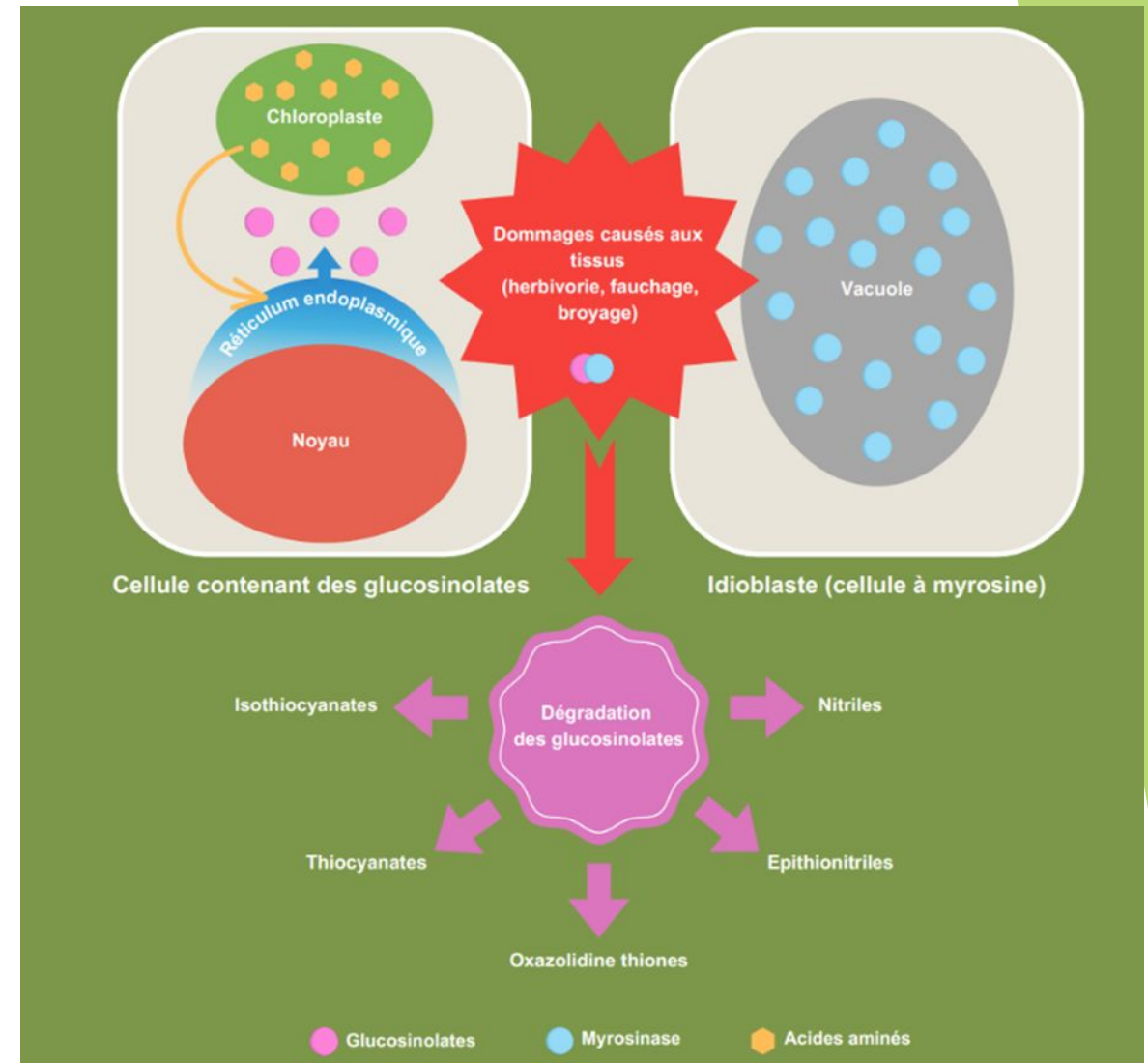


Schéma Martelli A, 2024, d'après Ahuja et al 2010, Agronomy for Sustainable Development, 30 (2)

Pratique de la biofumigation

- 2 possibilités : couvert végétal ou pellets de brassicacées issus de tourteaux déshydratés



- Pellets : incorporation et bâchage 15j
- Broyage fin des couverts + lissage du sol pour retenir les composés volatils ou bâchage 15j min



En sol sableux: meilleure diffusion des gaz donc + de chances de réussite

Méthode d'évaluation des intrants et couverts

Criblage des produits et couverts à tester en champ



Essais en caissettes avec pellets
(phytotron ou serre)

Essais en pots avec couverts

Inoculation des pots ou caissettes
(Souches *Pythium* spp ou *R. solani*)



Culture couvert (2 mois) +broyage +bâchage

Incorporation pellets + bâchage



Culture 1: notation symptômes, suivi
croissance (mâche ou radis)

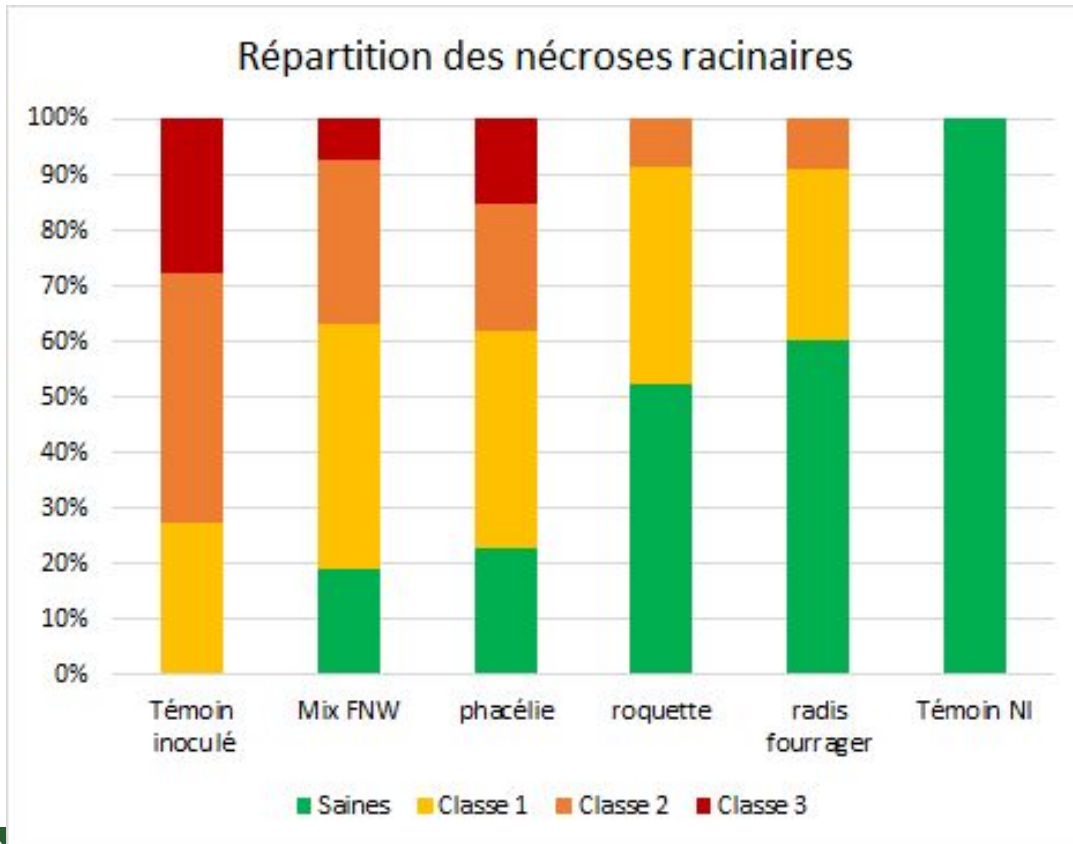


Culture 2: notation symptômes, suivi
croissance (mâche ou radis)

Couverts testés et résultats

en pur: moutarde, radis fourrager, roquette (phacélie, avoine, vesce, sarrasin)

en mélanges: FNW (radis, phacélie, trèfle, moutarde)



Observation de nécroses sur mâche (*P.violae* ou *P.valerianellae*)

En année 1: efficacité Roquette et radis fourrager

En année 2: efficacité mix FNW et radis fourrager

Essai de couverts en production contre Pythium

test de Radis fourrager à 25 kg/ha contre le dépérissement de la mâche (2023/2024)



Semis couvert S28



Broyage, enfouissement, lissage S35



1^{ère} culture de mâche , semis S39



2^e culture de mâche , semis S46
(symptômes S2)

Essai de couverts en production contre Pythium

Témoin

Sorgho

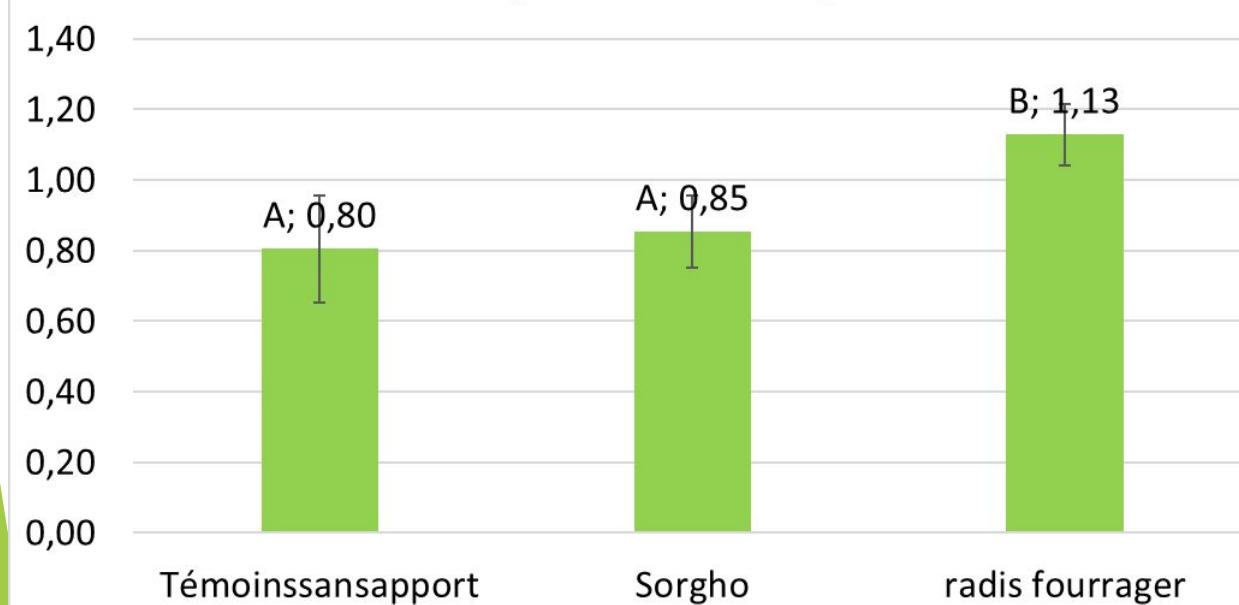
radis fourrager



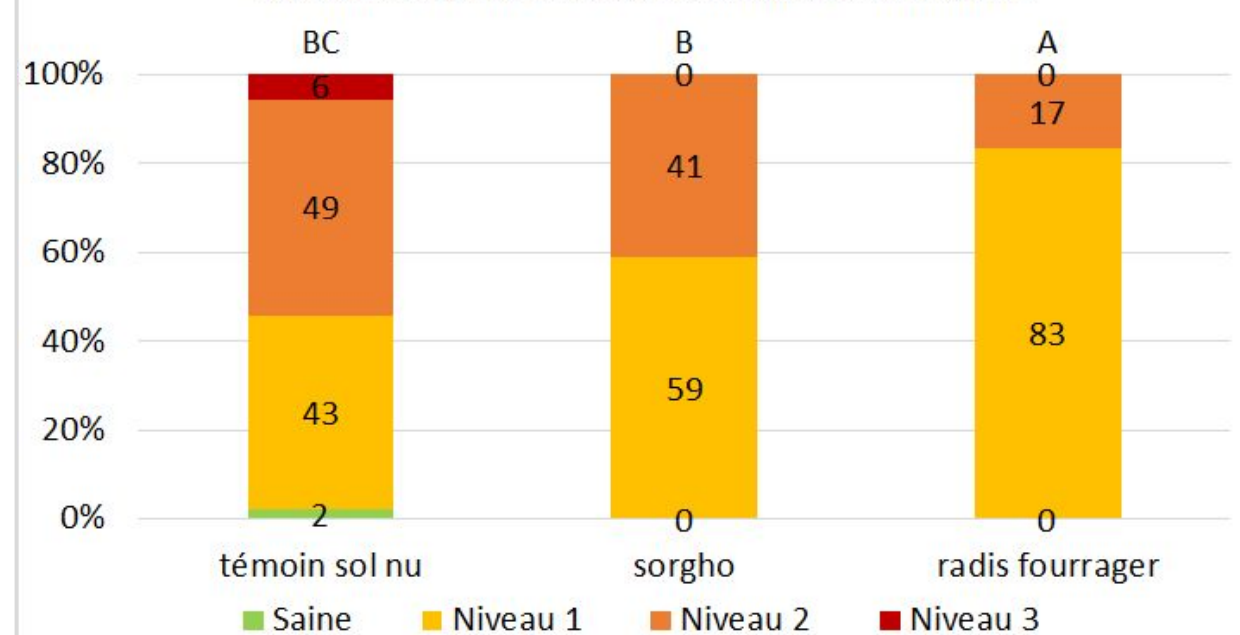
Récolte au 23/01/2024

Essai de couverts en production contre *Pythium spp*

Rendement moyen mâche en kg/ml



Intensité des nécroses racinaires sur mâche



Essais 2023/2024

réduction des nécroses racinaires avec sorgho et radis fourrager
meilleur rendement avec radis fourrager
note de qualité supérieure avec radis fourrager

essai 2024/2025: résultats en cours,
effet variétal radis fourrager

Essai de couverts en production

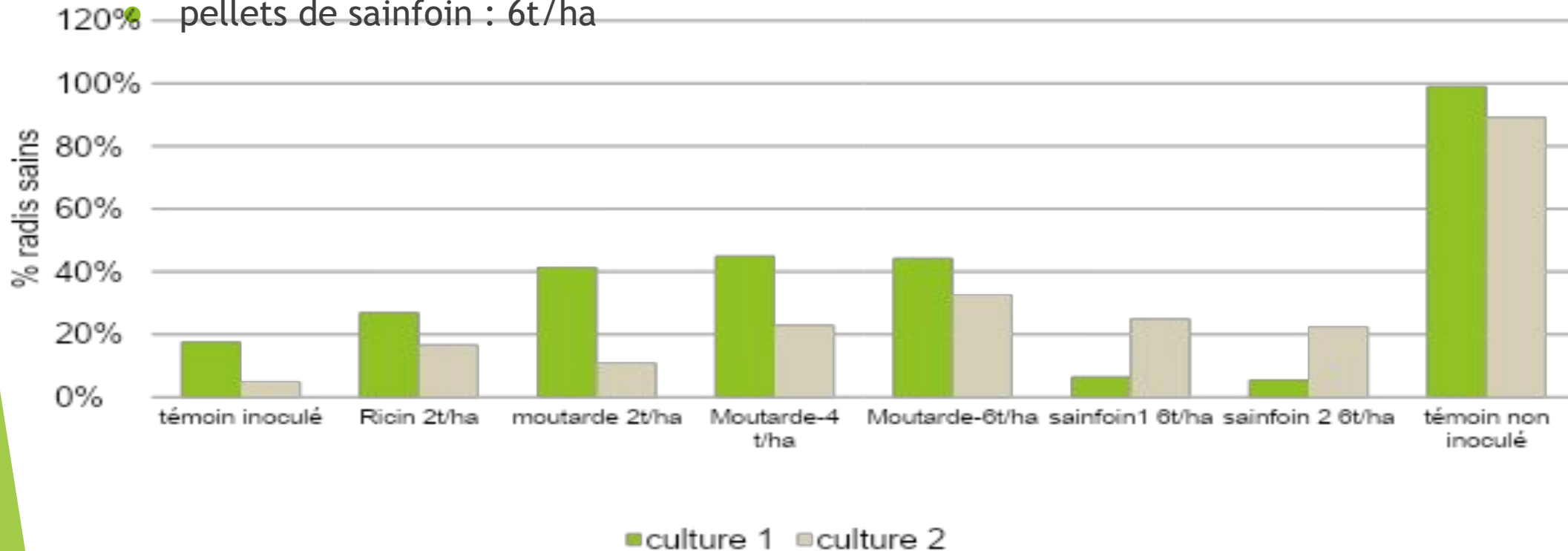
	Essais en conditions contrôlées 2022	Essai en production 2023	Essais en conditions contrôlées 2023	Essais 2024 production
Rhizoctone	Phacélie Roquette Radis oléagineux Avoine rude Moutarde abyssinie FNW	Avoine rude ?	Avoine rude Radis fourrager Sarrasin Vesce commune (FNW)	Sarrasin ? <i>Avoine + phacélie + trèfle?</i> (pression pathogène insuffisante)
<i>Pythium spp</i>	Phacélie Roquette Radis fourrager Avoine rude Moutarde abyssinie FNW	Radis fourrager Roquette ?	Avoine rude Radis fourrager Sarrasin Vesce commune FNW	<i>Radis fourrager ?</i> <i>Roquette?</i> (essais en cours)

FNW: radis, phacélie, trèfle, moutarde

Effets de pellets biofumigants ou biocides sur Rhizoctone

Les pellets: alternatives au couverts pour lutter contre Rhizoctone

- pellets de moutarde carinata 2, 4 et 6t/ha
- pellets de ricin: 2,5 t/ha
- pellets de sainfoin : 6t/ha



Effet pellets moutarde mais phytotoxique (N) à 6t/ha
Perte d'efficacité des biofumigants en 2e culture ?

Essai en production mais pas de pression suffisante en parcelle

BIOFUMIGATION / Tourteau de ricin

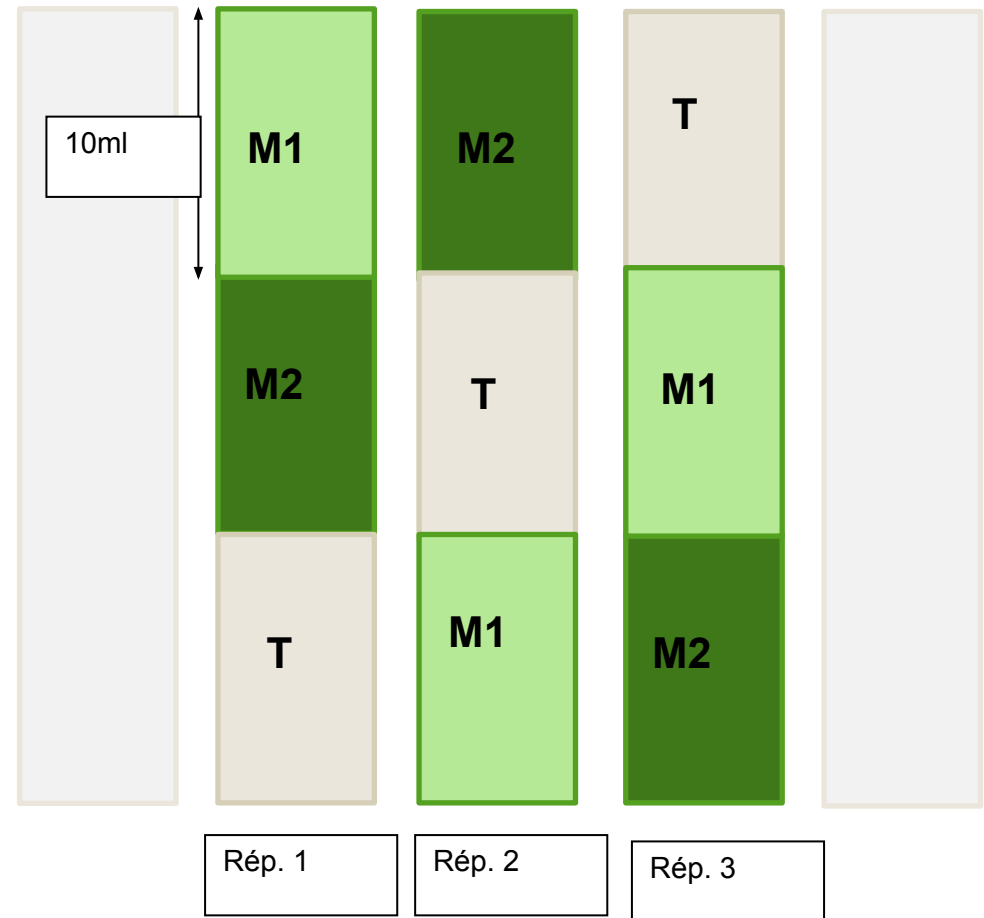
Objectif

- Evaluer l'effet biocide des tourteaux de ricin sur la fusariose sur culture d'échalions

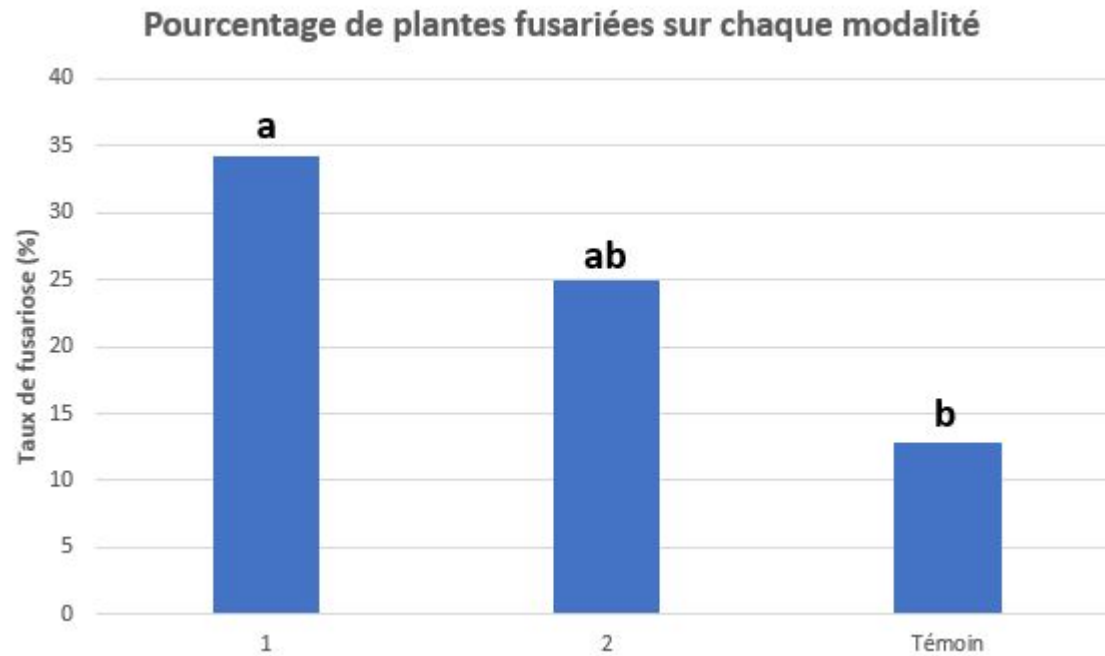


Plan de l'essai et modalités testées

- ▶ 3 modalités
- ▶ Témoin producteur : pratiques producteur habituelles
- ▶ M1 : pratiques producteur + apport de tourteaux de ricin à 2t/ha avant semis
- ▶ M2 : pratiques producteur + apport de tourteaux de ricin à 4t/ha avant semis



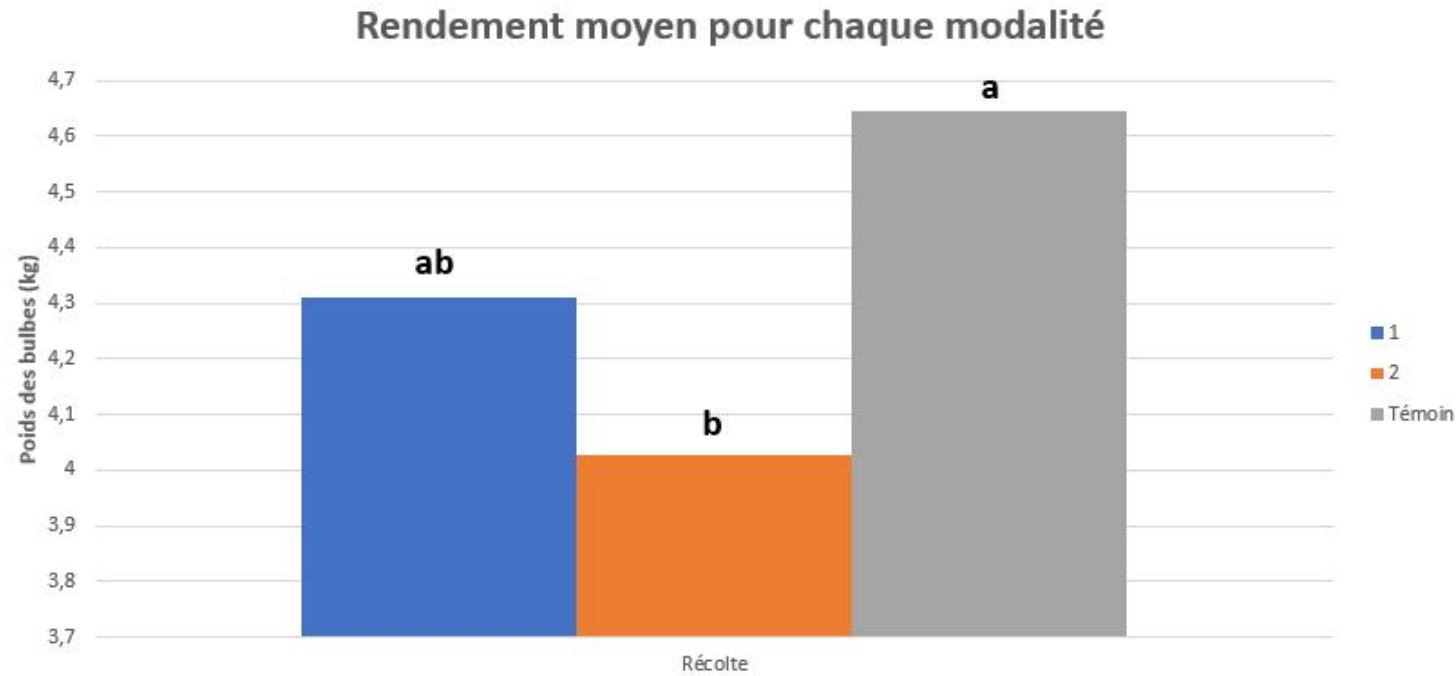
En cours de culture



- Seuil de significativité : 10%
- Taux de fusariose augmente avec la quantité de ricin apportée



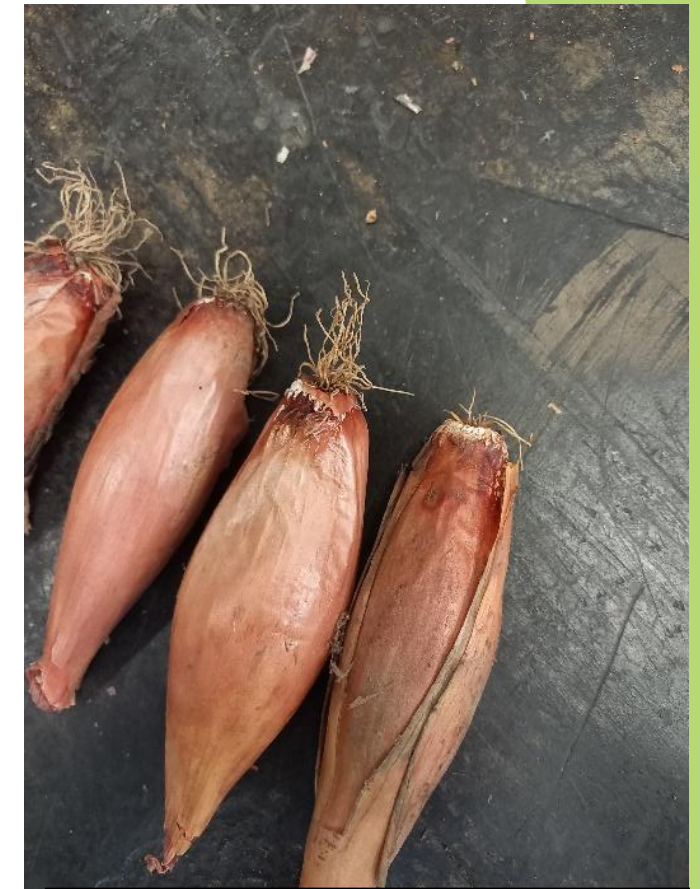
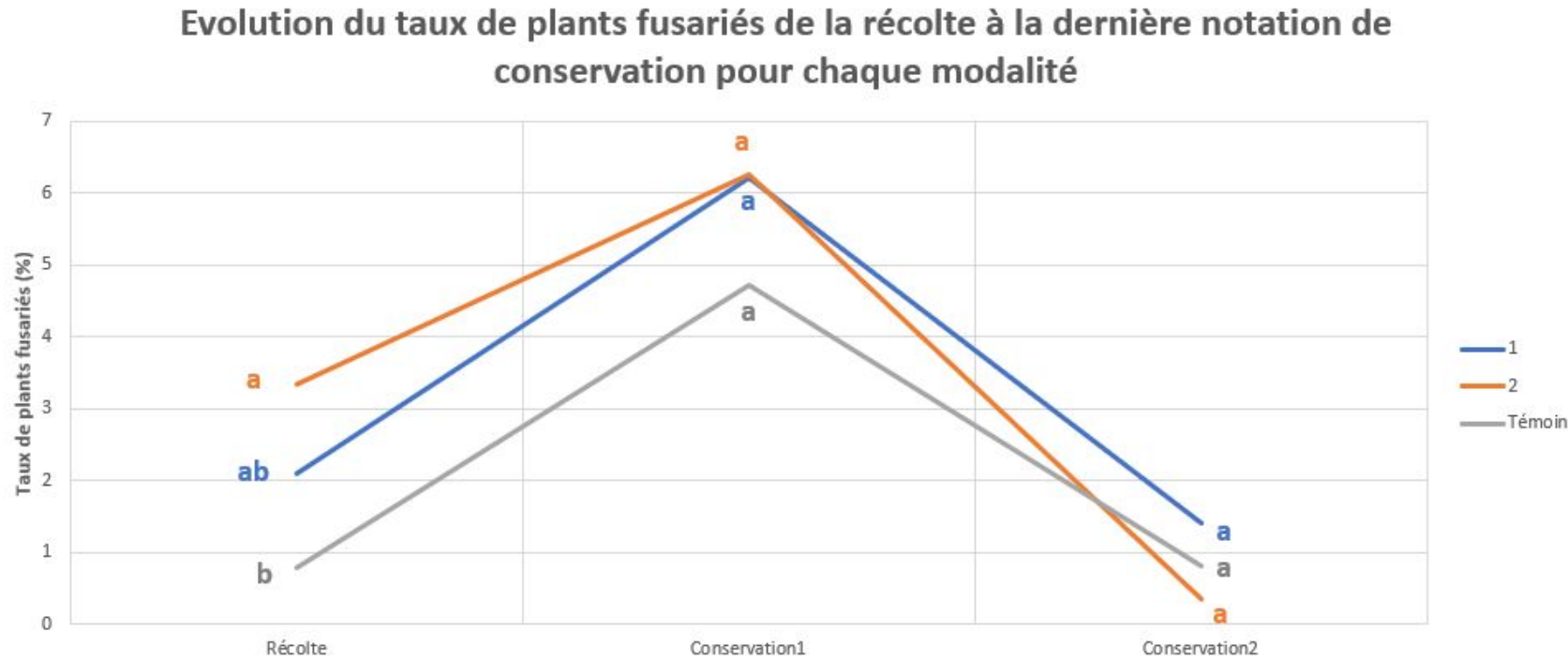
Récolte et conservation



- Seuil de significativité 5%
- Meilleur rendement sur Témoin



Récolte et conservation



Fusariose sur échalions – 25/10/2023 – Crédit photo : CDDL

- Pas de différence significative à la conservation
- Tri des bulbes malades après chaque conservation, stockage en petites caisses et non en pallox, ont pu réguler le développement de la maladie, d'où l'absence de différences entre modalités après la récolte

Bilan des effets des biofumigants ou intrants biocides

Pellets végétaux

- ▶ pellets de ricin et de sainfoin: pas ou peu d'efficacité sur *Pythium* mâche, Rhizoctone/radis ou fusariose / échalions
- ▶ Pellets de moutarde de carinata:
 - ▶ efficace à partir de 2t/ha et toxicité à 6t/ha (N)
 - ▶ pas de rémanence mais effet limité à 1 culture?
 - ▶ Pas de preuve d'efficacité en production (pression trop faible)

Couverts biofumigants

- ▶ En conditions contrôlées:
 - ▶ effet roquette, radis fourrager et mix contre *Pythium* spp
 - ▶ Effet avoine et sarrasin sur rhizoctone?
- ▶ En production: efficacité du radis fourrager contre *Pythium* spp, en attente de nouveaux résultats. Pas de pression suffisante de Rhizoctone pour un effet significatif.

Biofumigation



Des Questions ?

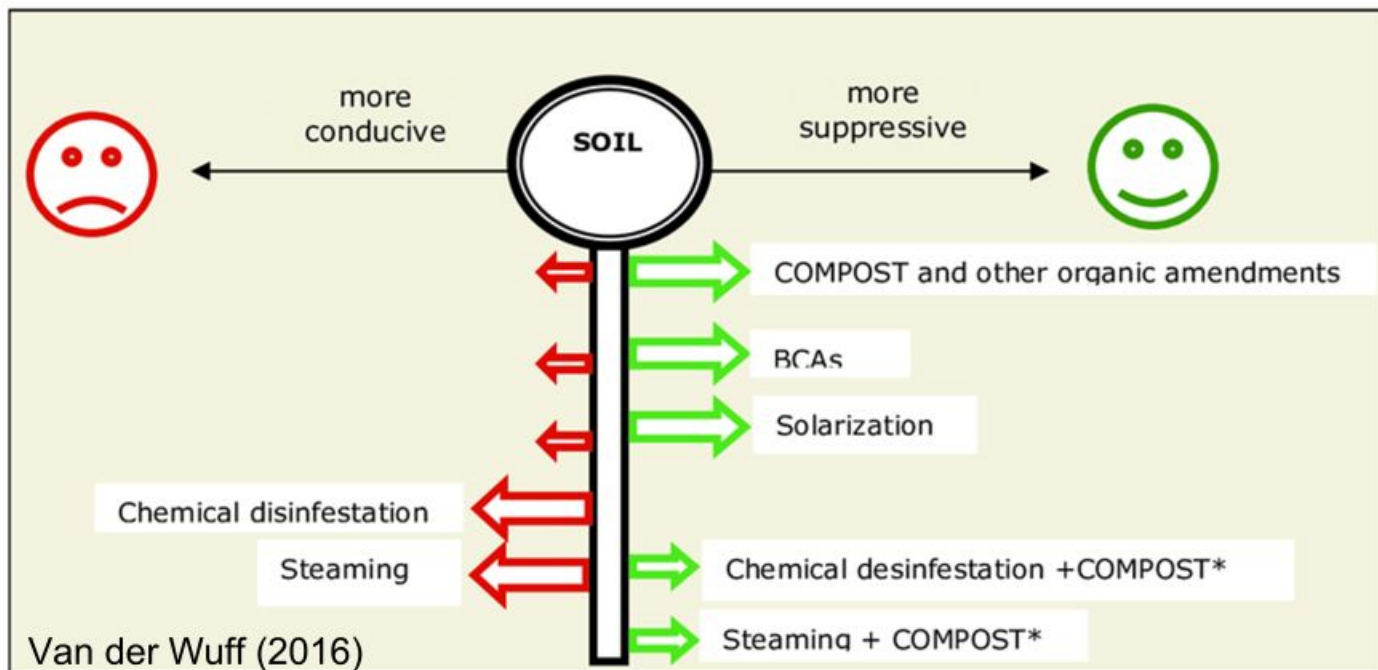
ARELPAL



Composts suppressifs

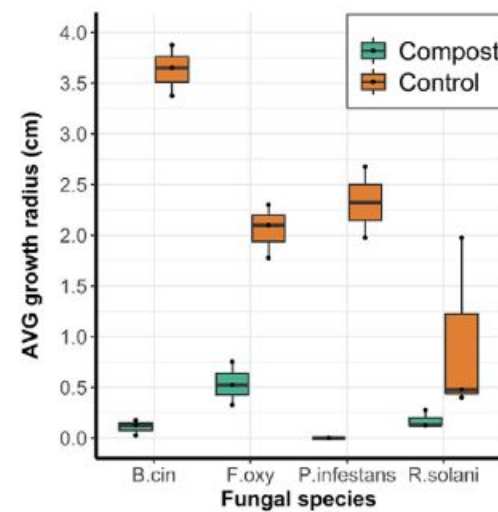
Marine RENAUDON - marine.renaudon@pl.chambagri.fr
CDDL (Comité départemental de développement légumier)

Compost et amendements suppressifs



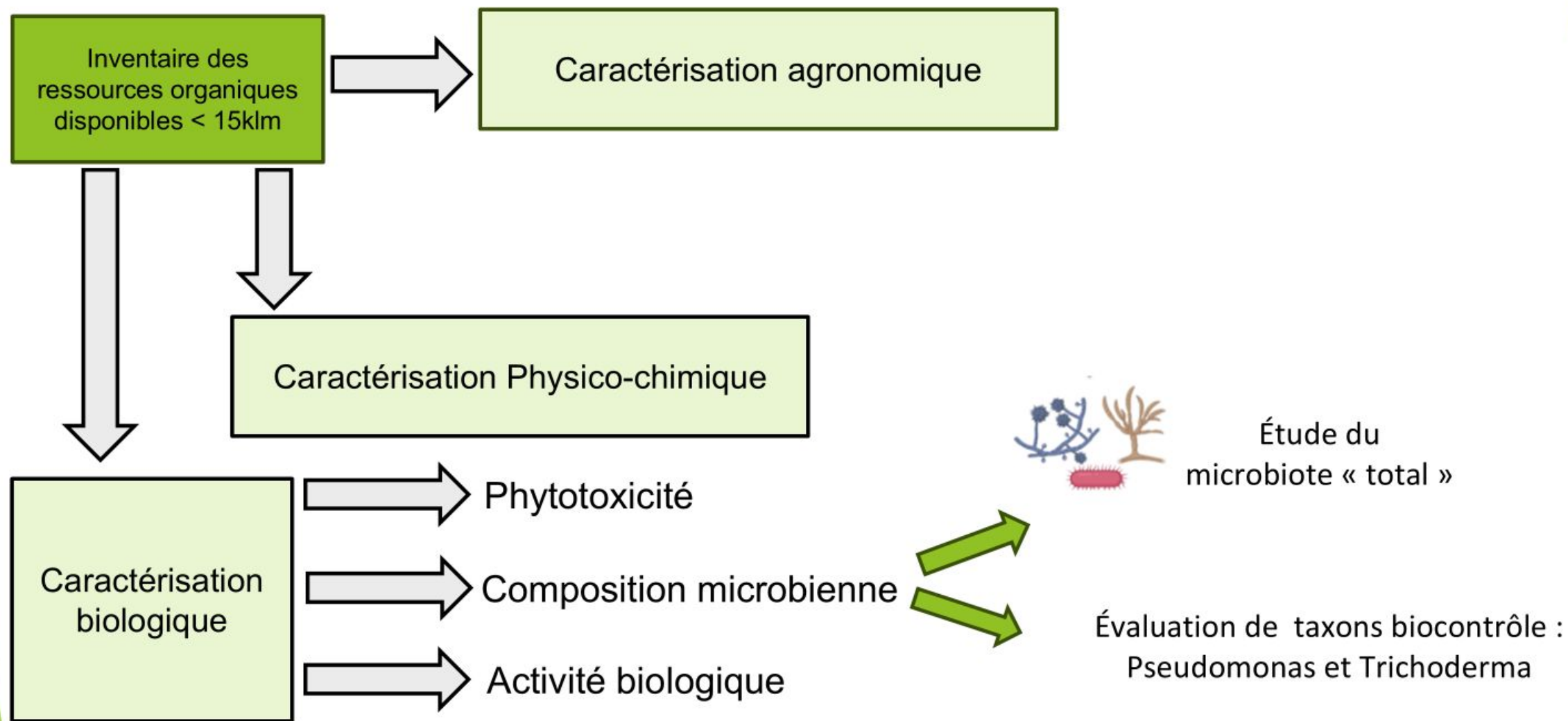
- De nombreux articles mettent en avant les capacités suppressives des composts et fumiers
- Beaucoup de travaux sont réalisés *in vitro* ou *in planta*

- Peu de références en maraichage Ligérien



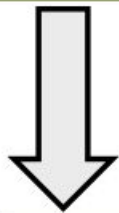
Nijs (2023)

Compost et amendements suppressifs



Caractérisation physico-chimique

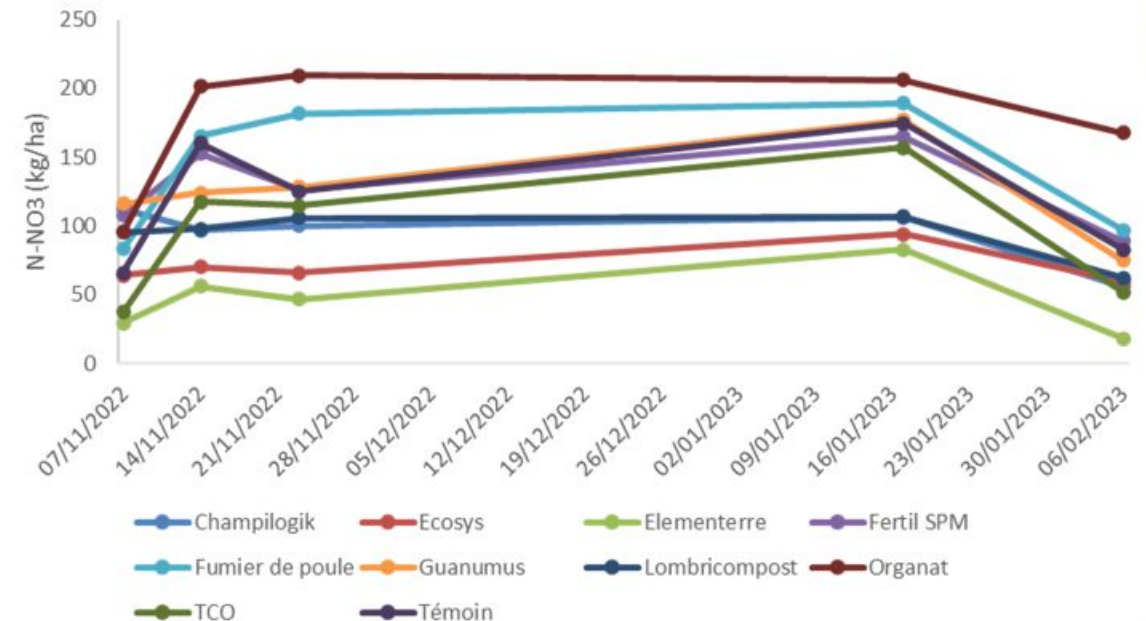
Inventaire des
ressources organiques
disponibles < 15km



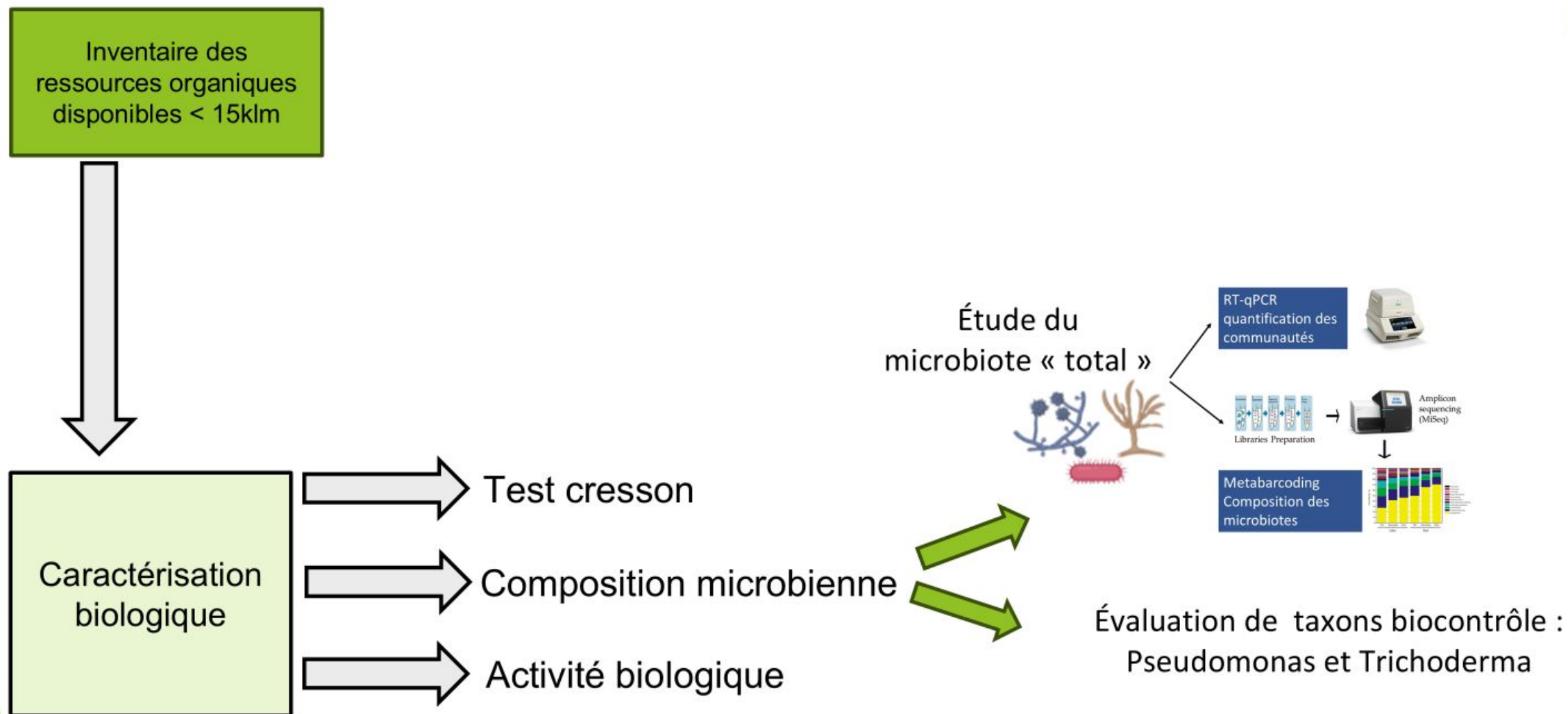
Caractérisation Physico-chimique

	pH eau	Ntotal (0/00)	N -NH4 (0/00)	MO (0/00)	Carbone Orga (0/00)	C/N	P (0/00)	K (0/00)	Ca (0/00)	Mg (0/00)
TCO	7,8	0,17	<0,05	1,2	0,595	3,4	0,05	0,17	0,06	0,02
Eau brune	8,5	0,29	0,17	1,9	0,929	3,2	0,1	1,06	0,14	0,05
Lombricompost	8,2	9,72	<0,05	199	99,8	10	5,15	5,02	16,9	3,07
C. mix elementerre	7,9	7,18	<0,05	276	138	19	4,24	6,49	25,5	3,47
Fumier de poule	6,7	26,4	1,01	669	334	12	27,7	22,1	67,9	7,4
Guanumus	8,2	27,1	3,02	442	221	8,2	23,1	27,1	83,2	23,1
Organat	7	65,7	0,67	556	278	4,2	45,3	74,7	62,9	18,1
Fertil SPM	8,2	12,1	1,16	251	125	10	13,8	16,9	34,3	6,1
Ecosys	7,2	7,35	0,09	219	109	14	3,01	5,67	17,7	3,79
Champilogik	7,9	10,3	0,04	232	116	11	6,71	13,7	36,5	3,71

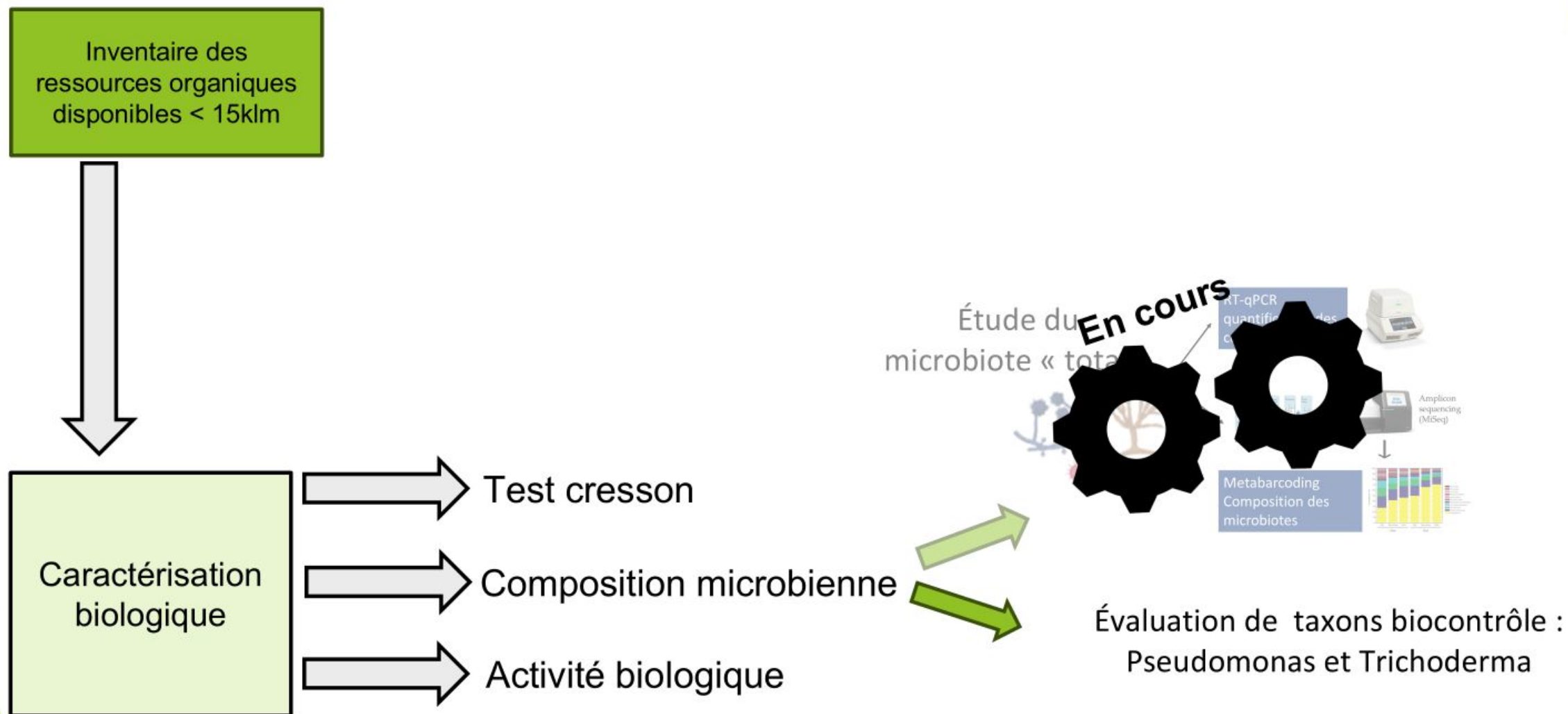
- Pas d'impact sur le statut rédox du sol, sur le pH ou la conductivité



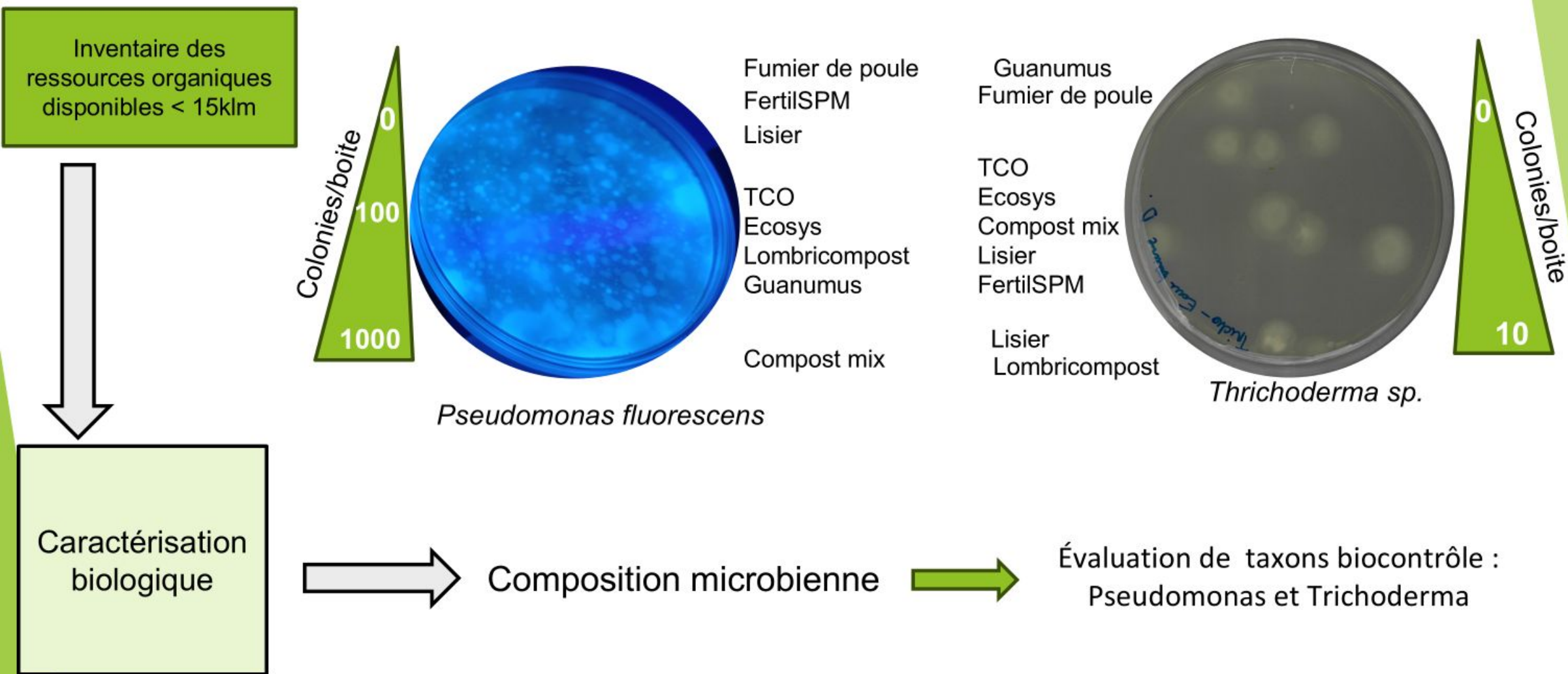
Compost et amendements suppressifs



Compost et amendements suppressifs

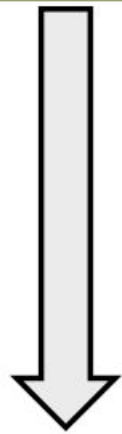


Compost et amendements suppressifs

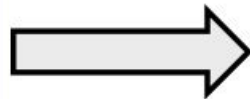


Caractérisation biologique

Inventaire des
ressources organiques
disponibles < 15klm



Caractérisation
biologique



Activité biologique

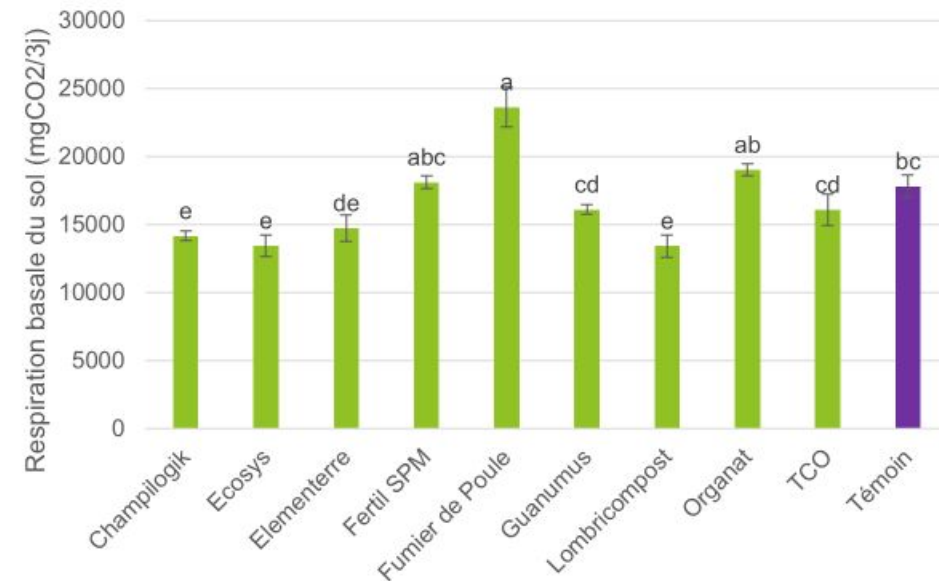
Apport des intrants au sol



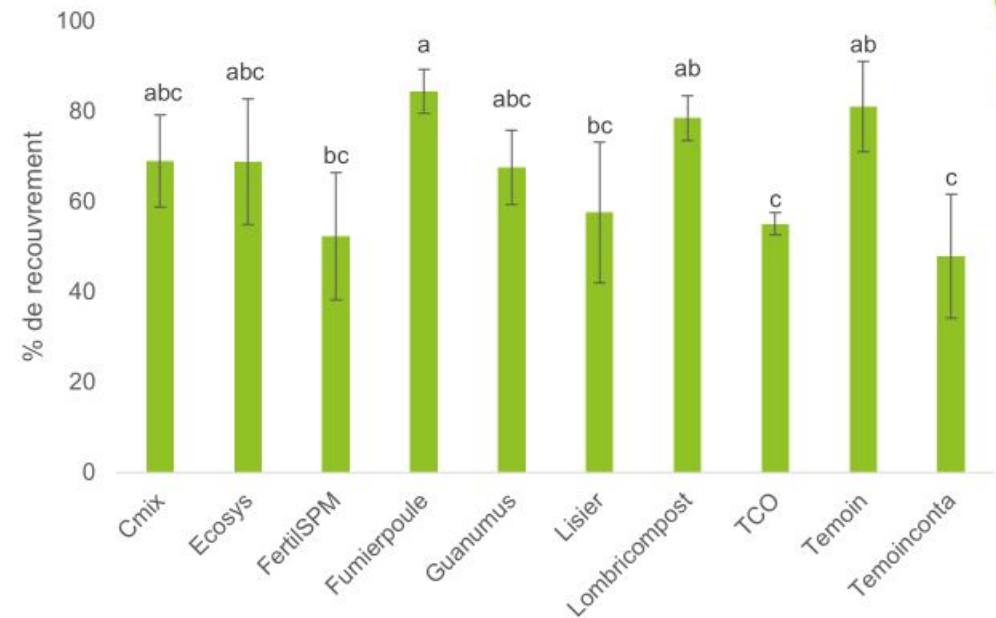
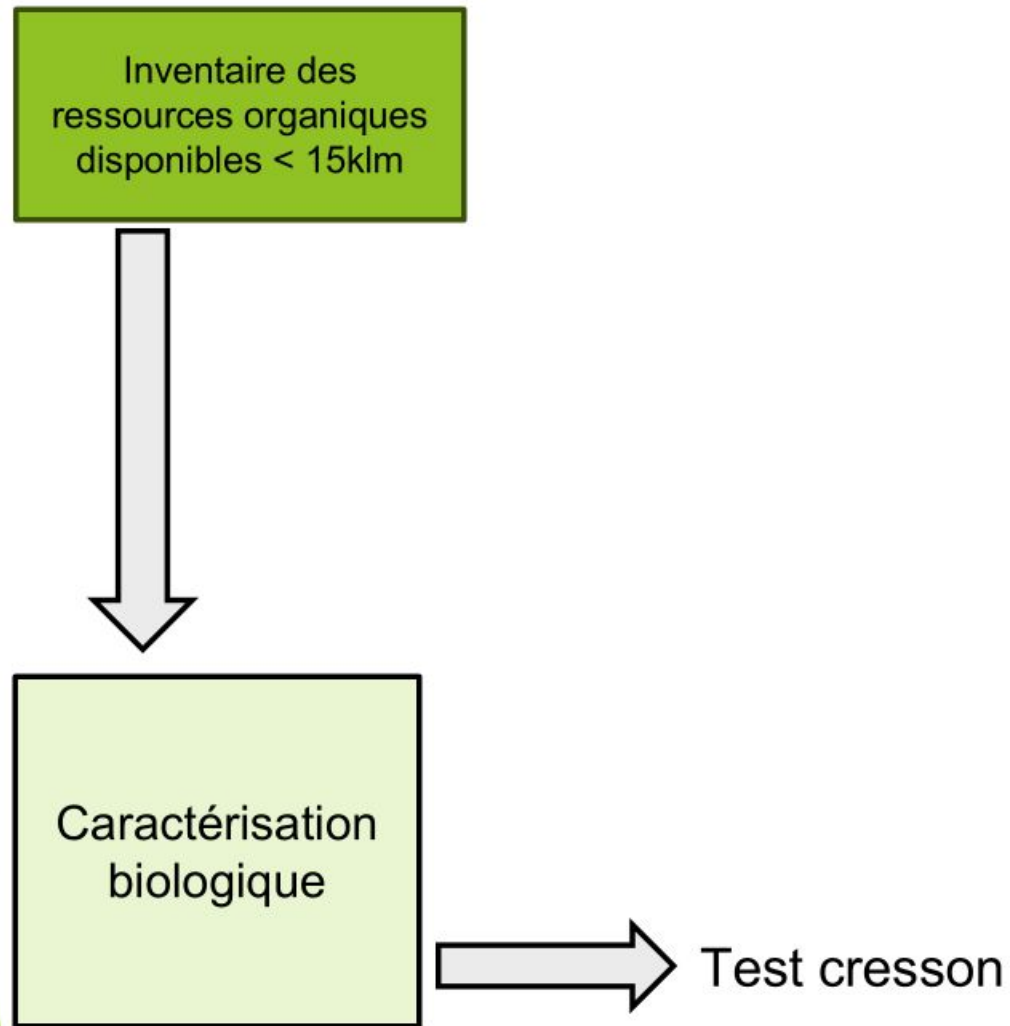
3 semaines



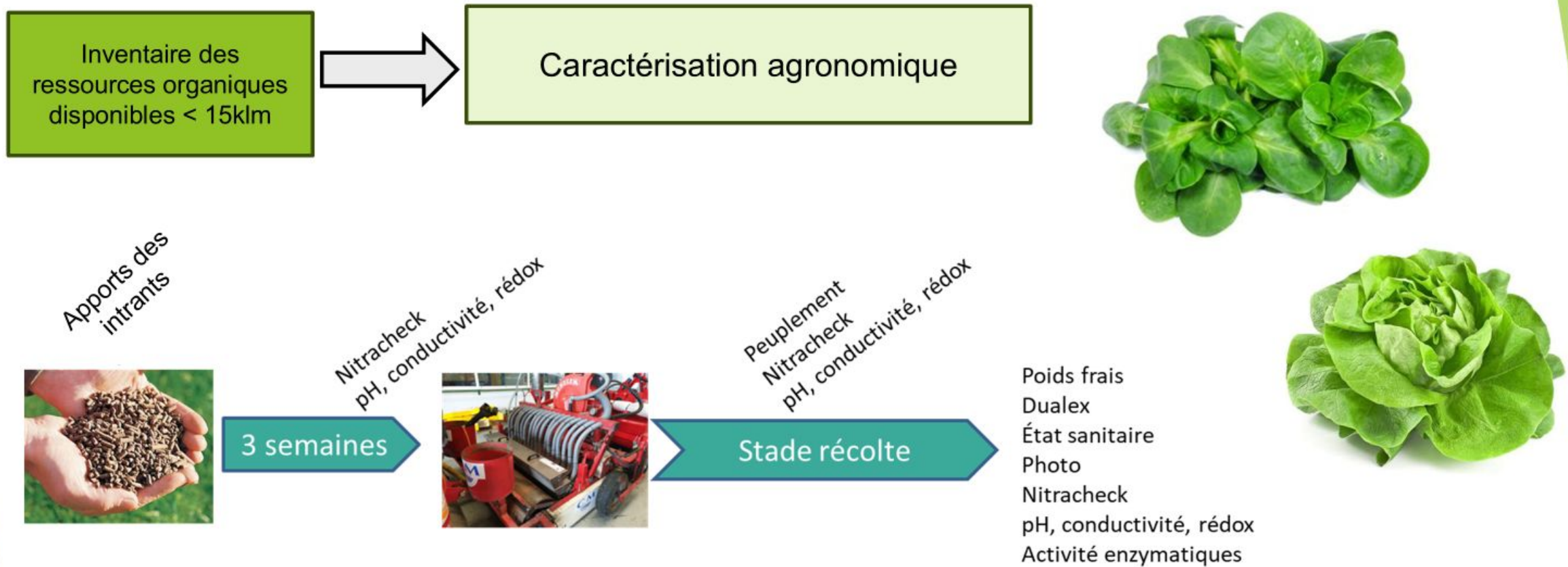
Mesure de la respiration basale



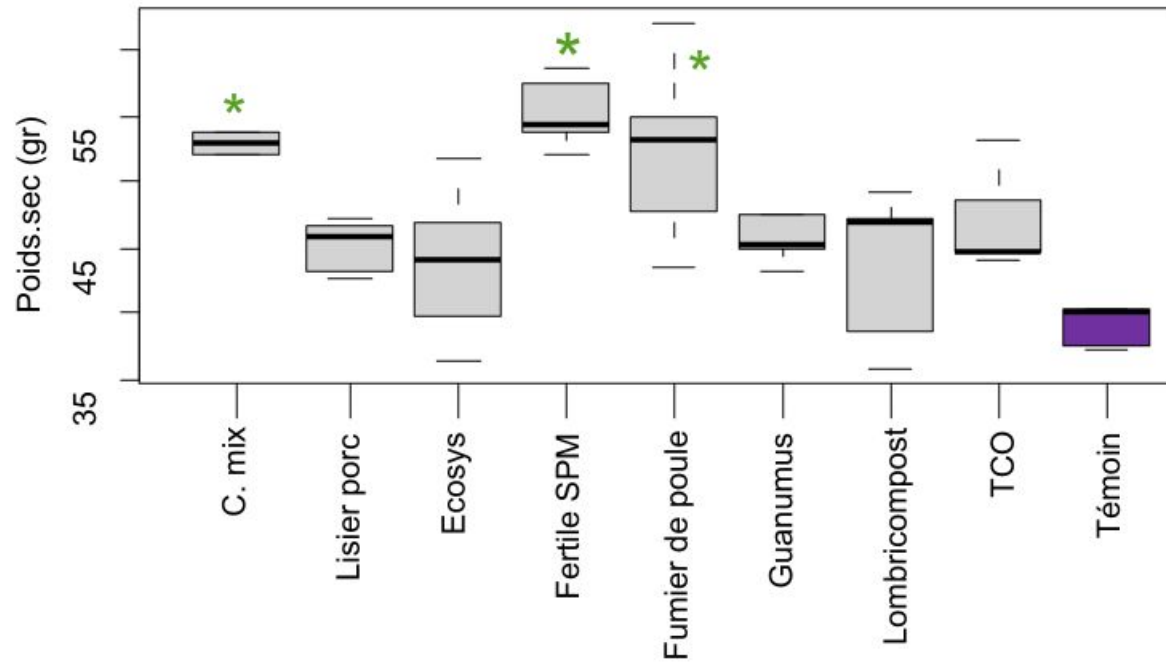
Caractérisation biologique



Caractérisation agronomique

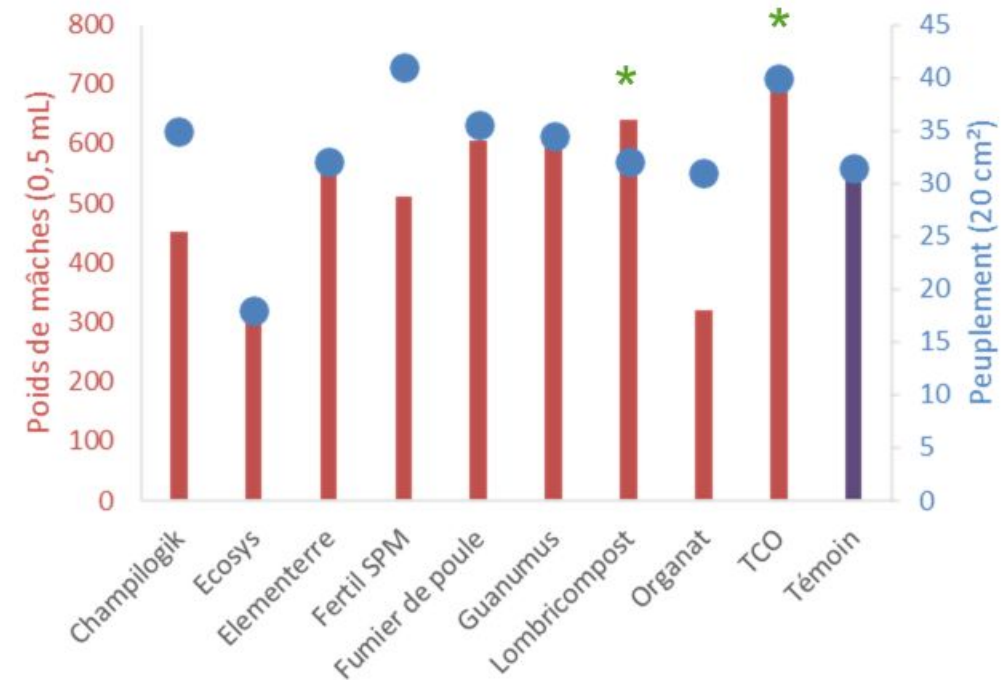


Caractérisation agronomique



Laitue créneau estival

Mâche créneau hivernal



Evaluation de différents composts contre les pathogènes du sol

Essais en conditions
contrôlées

Essais en
parcelle
expérimentale
au CDDM

Essais en
production



Essais en conditions contrôlées contre *Pythium*/mâche et *Rhizoctonia* /radis

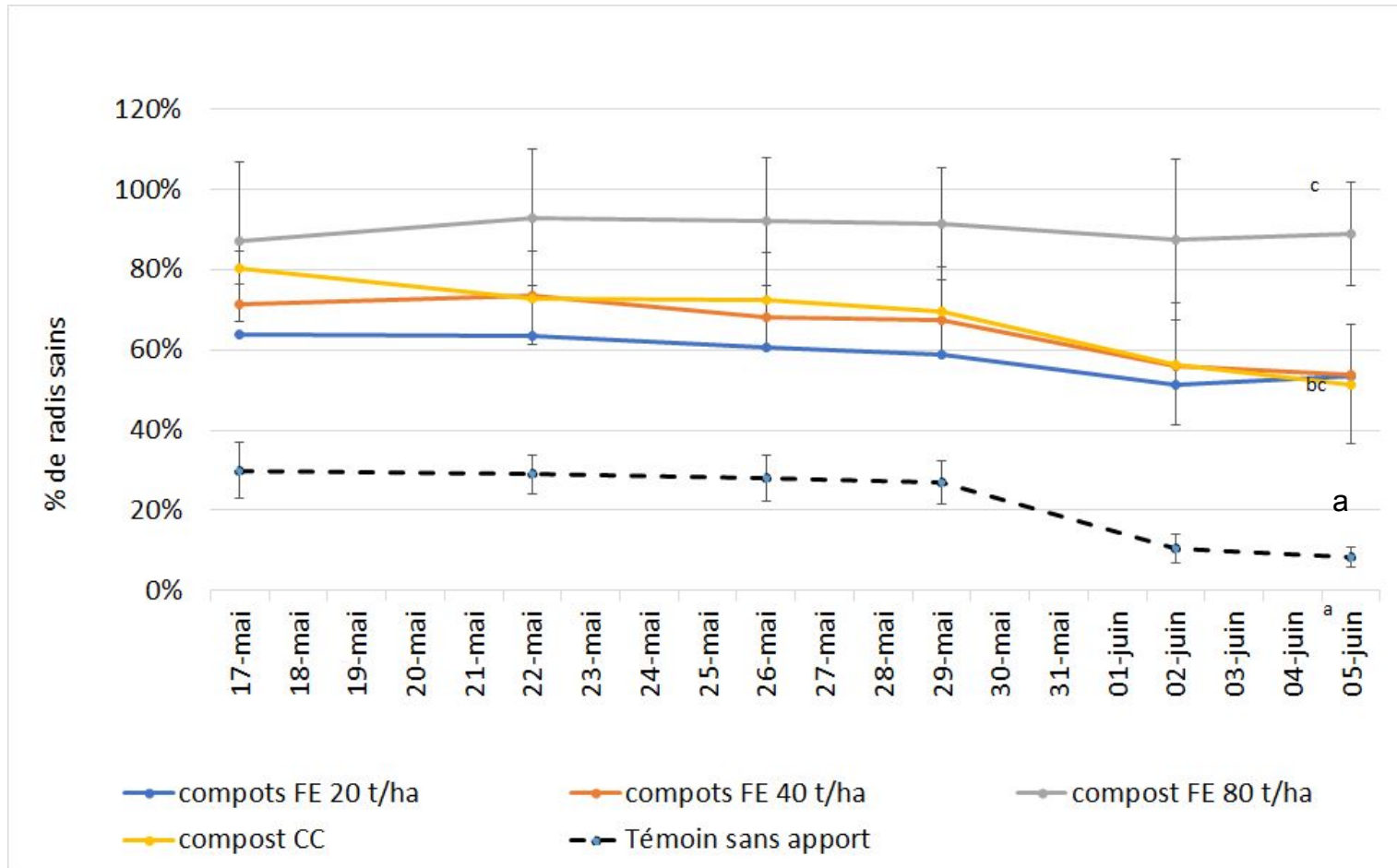
essais en phytotron pour *Pythium* et serre pour *Rhizoctonia*

Nom produit	type de compost	doses testées
Compost FE	Compost d'effluents de cheval, bovin, caprin, ovin	20 à 80 t/ha
Compost A	Compost d'effluents de cheval, bovin, volailles	20 t/ha
Compost B	Compost végétal	80 t/ha
Compost GO	Compost mixte végétal/fumier fientes de volailles	20 t/ha
Compost CC	compost de champignonnière	40 t/ha

Paramètres suivis : phytotoxicité des produits, paramètres croissance , teneurs en N du sol, symptômes pathogènes (nécroses racinaires, perte de plants)

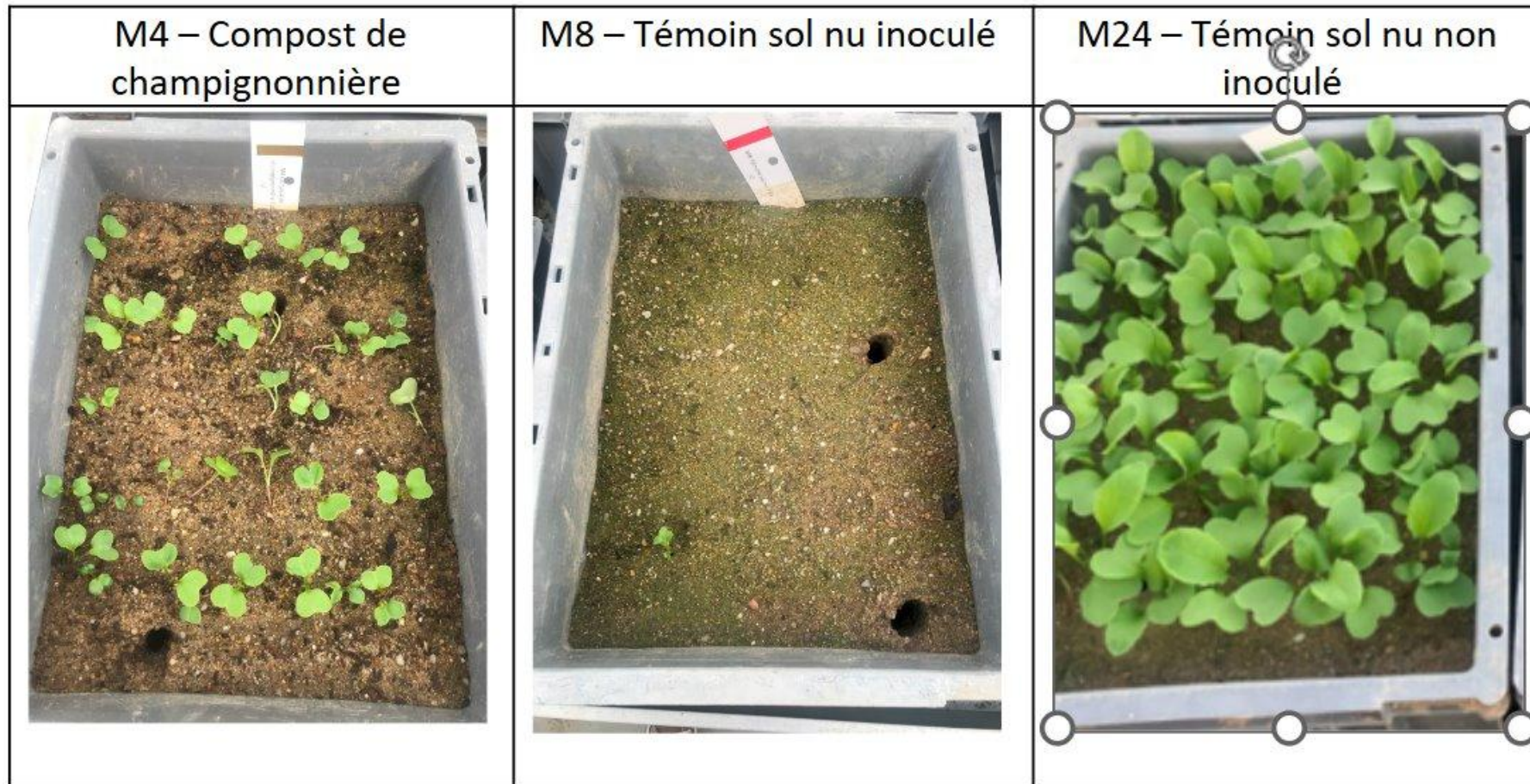
Essais en conditions contrôlées contre *Rhizoctonia* / radis

- Effet dose observée pour le compost FE, dès 20 t/ha
- Forte pression de *R. solani* (90% de pertes)

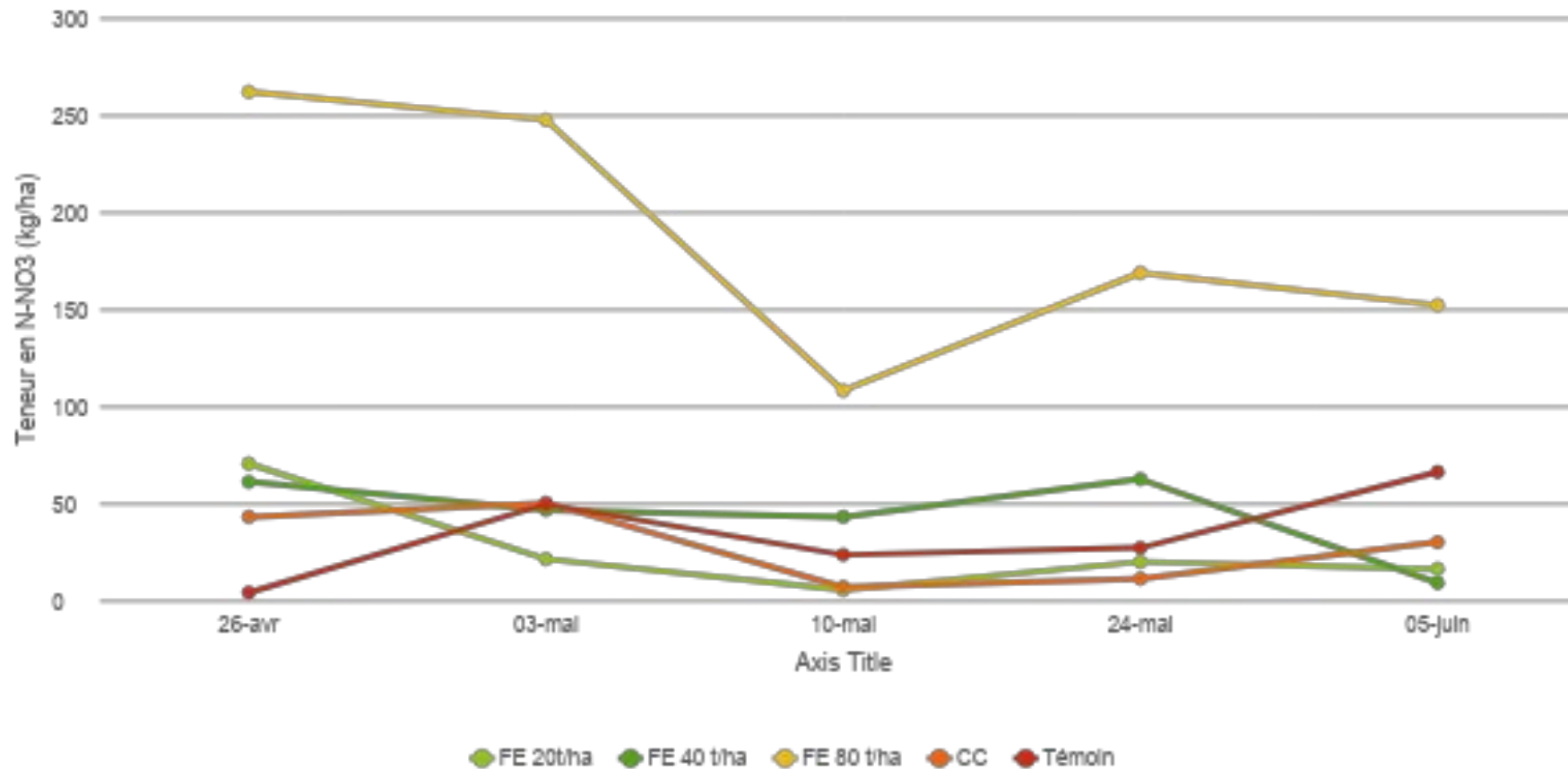


Essais en conditions contrôlées contre *Rhizoctonia* /radis

- Effet dose observée pour le compost FE, dès 20 t/ha
- Forte pression de *R. solani* (95% de pertes)

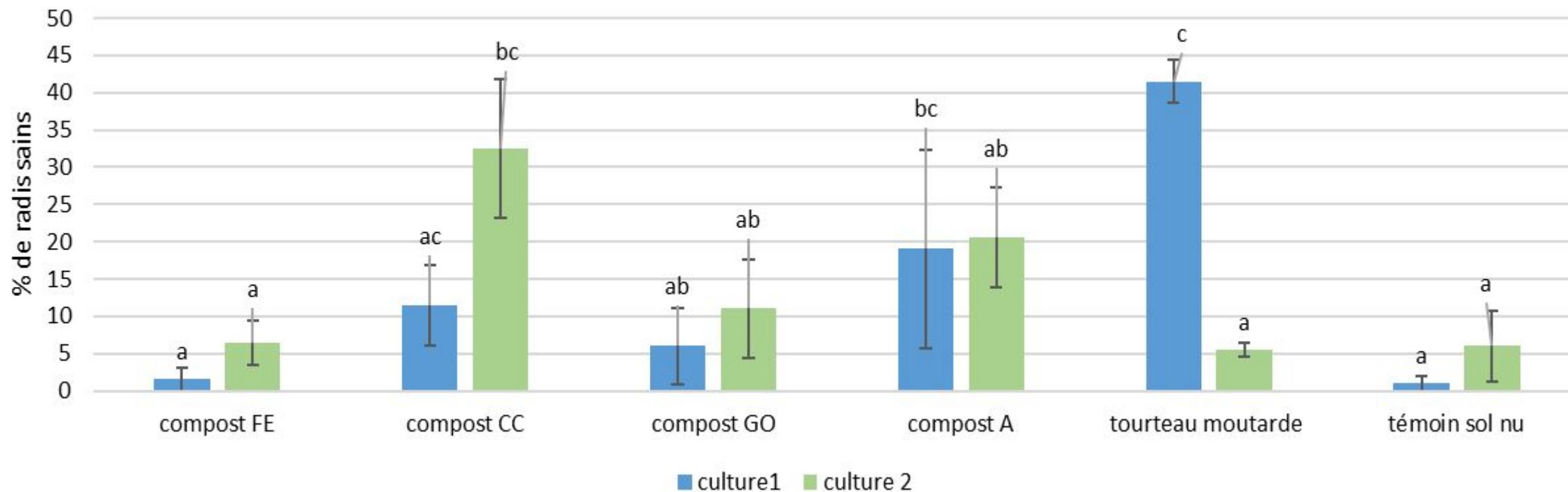


Essais en conditions contrôlées contre *Rhizoctonia* /radis



Forte libération de N-NO3 avec compost FE 80t/ha: retard à la levée

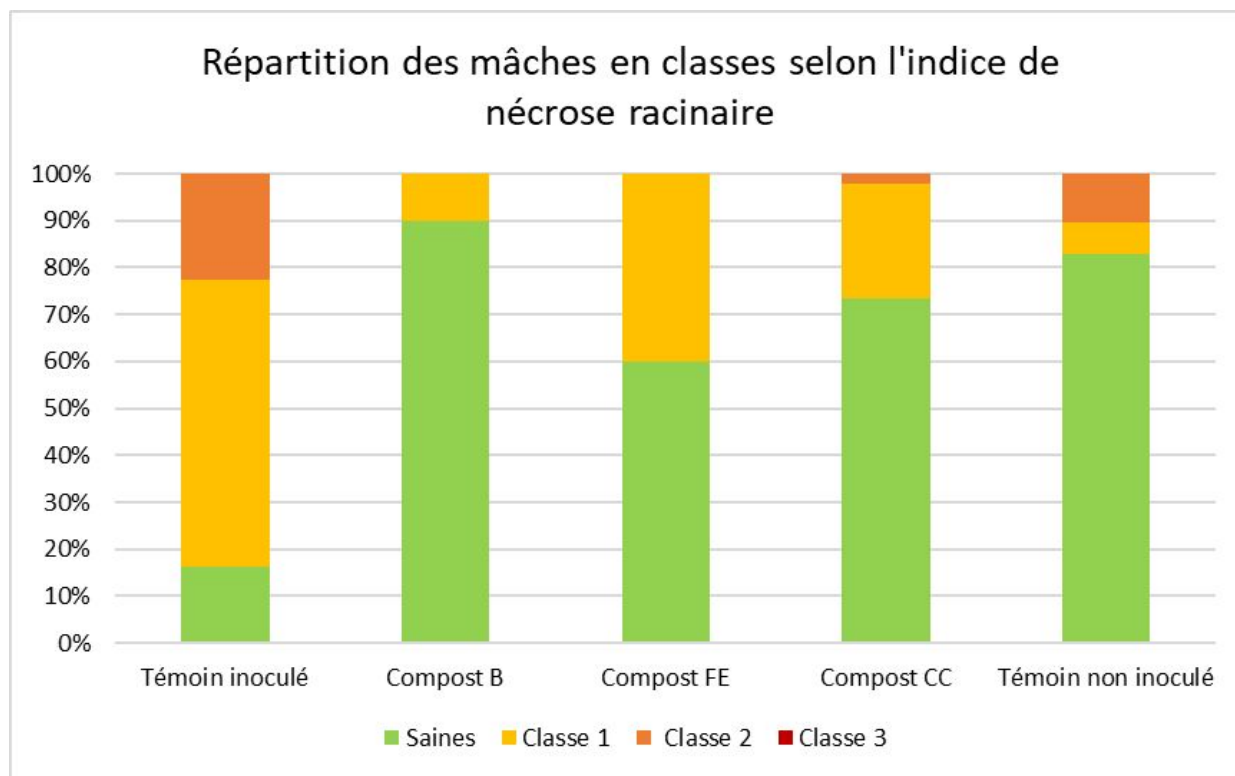
Essais en conditions contrôlées contre *Rhizoctonia* /radis



- Forte attaque sur le témoin de *Rhizoctonia solani*: plus de 95% de pertes
- Sur la culture 1: effet d'un biofumigant (tourteau moutarde) qui disparaît en culture 2
- Sur culture 2: effet du compost CC au bout de la 2^e culture (jusqu'en 3^e culture)
- Compost FE efficace en 2023, plus d'effet en 2024?

Essais en conditions contrôlées contre *Pythium*/mâche

- Essais en caissette, inoculation d'un sol maraicher, 2 cultures de mâche, 3 composts testés

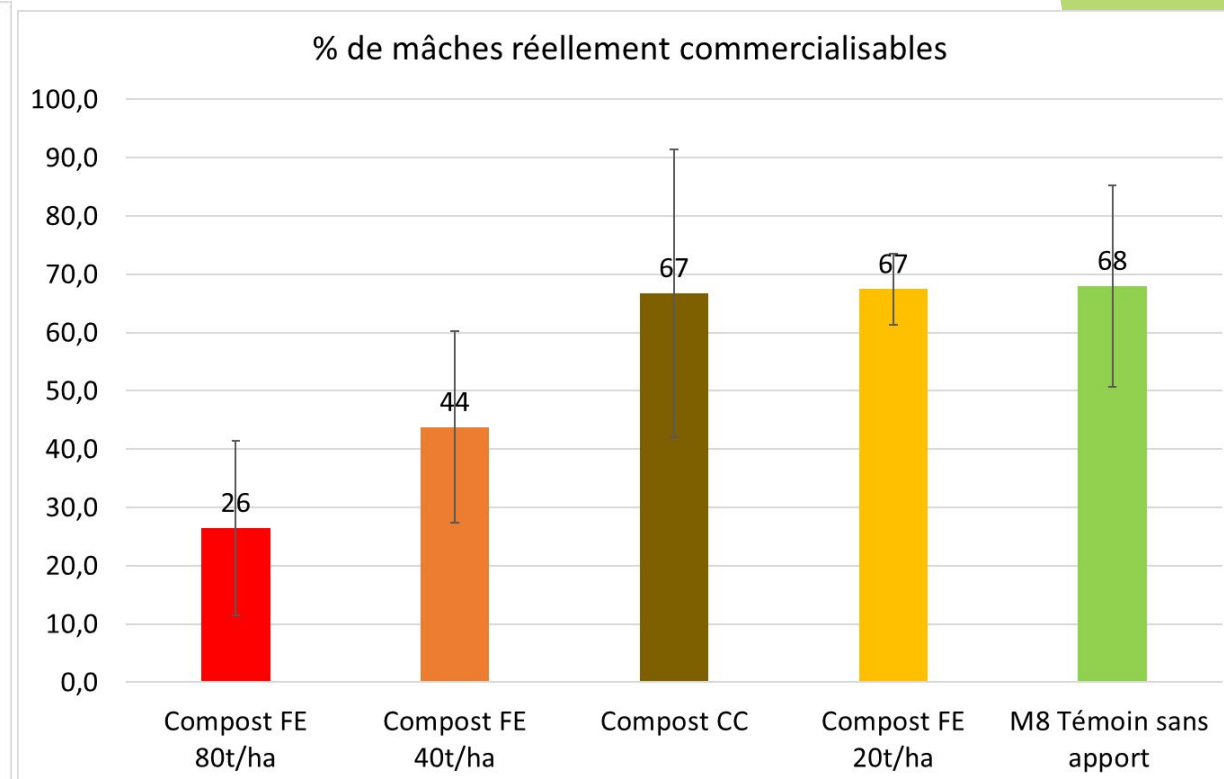
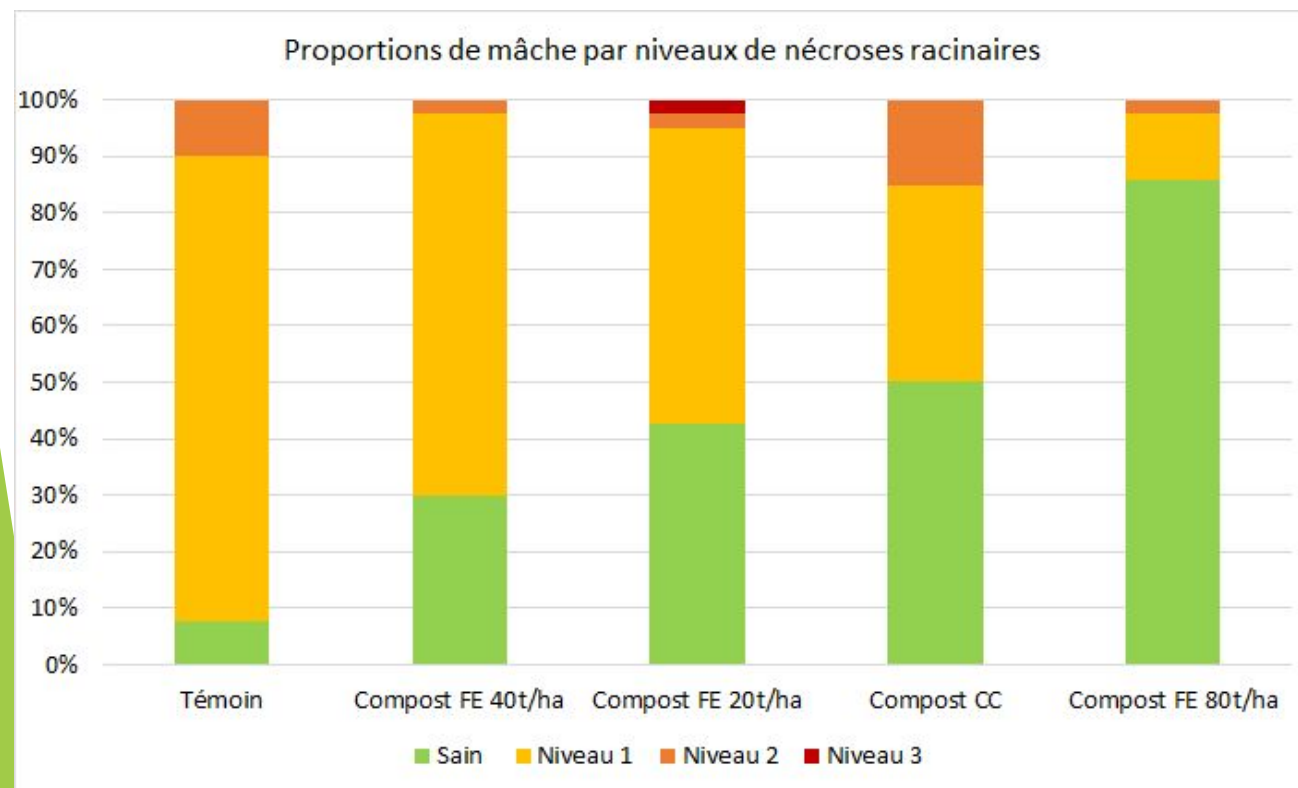


En année 1: effet positif de différents composts sur la réduction de nécroses racinaires causées par les *Pythium* spp

Essais en conditions contrôlées contre *Pythium*/mâche

Année 2: Essai en conditions hivernales

3 doses de compost FE (20 à 80 t/ha) et 1 dose de compost CC (40 t/ha)

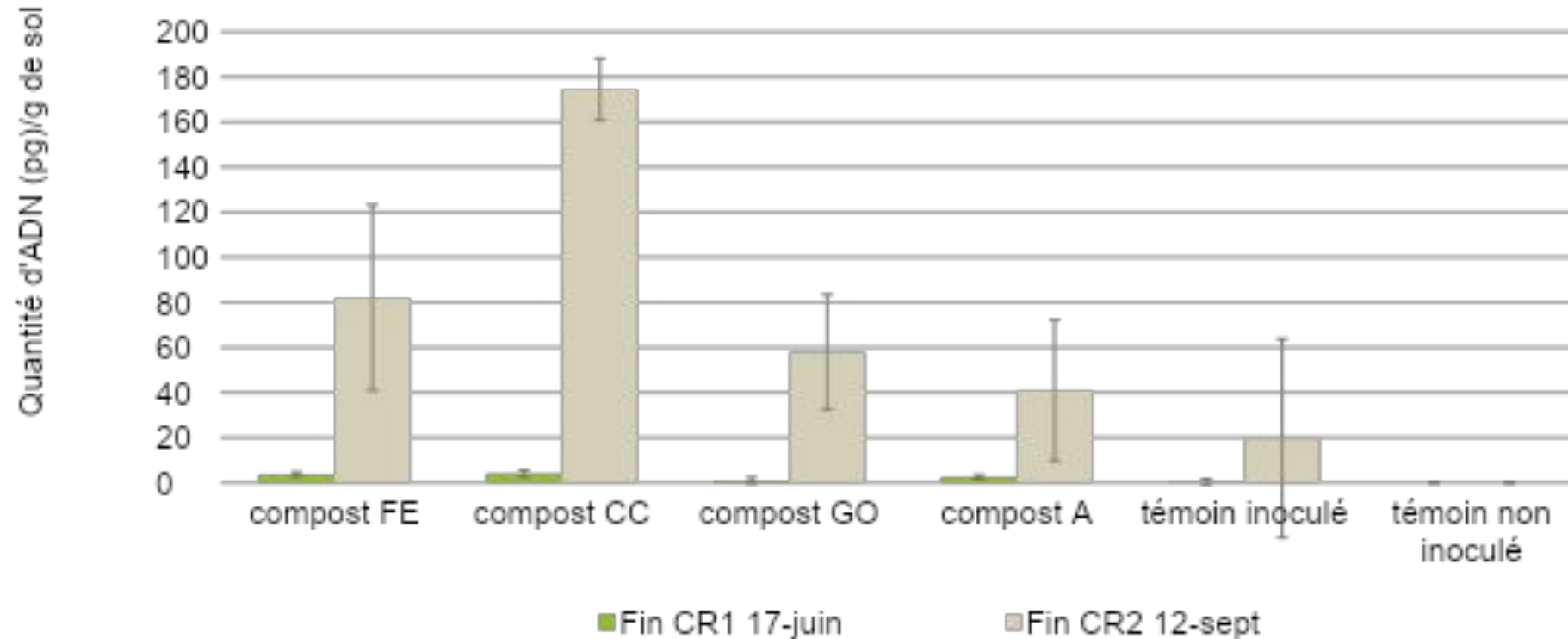


Effet dose du compost FE à 80 t/ha

Mais effet phytotoxique du compost FE à 40 et 80 t/ha

Essais en conditions contrôlées contre *Pythium*/mâche

Analyse du taux de *Pythium violae* dans le sol (Vegenov)



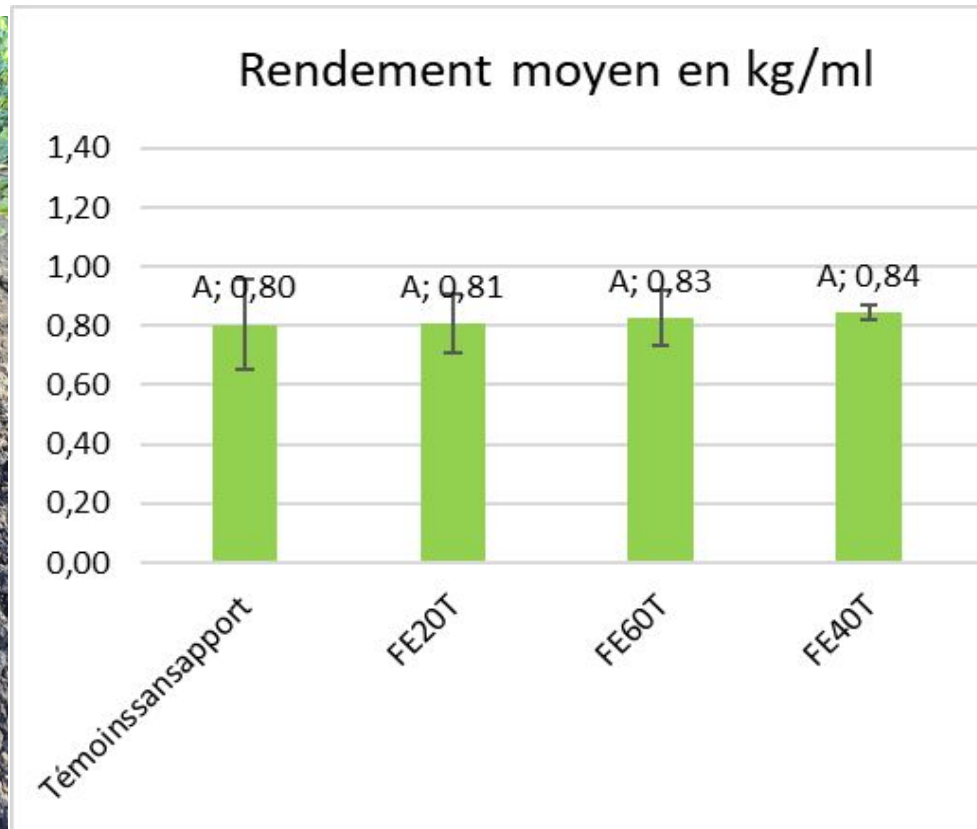
Pas de différences sur les attaques de *Pythium* entre modalités

Essais en production sur la mâche

Apport du compost à 20-40-60 t/ha mi-septembre avant la mâche d'hiver

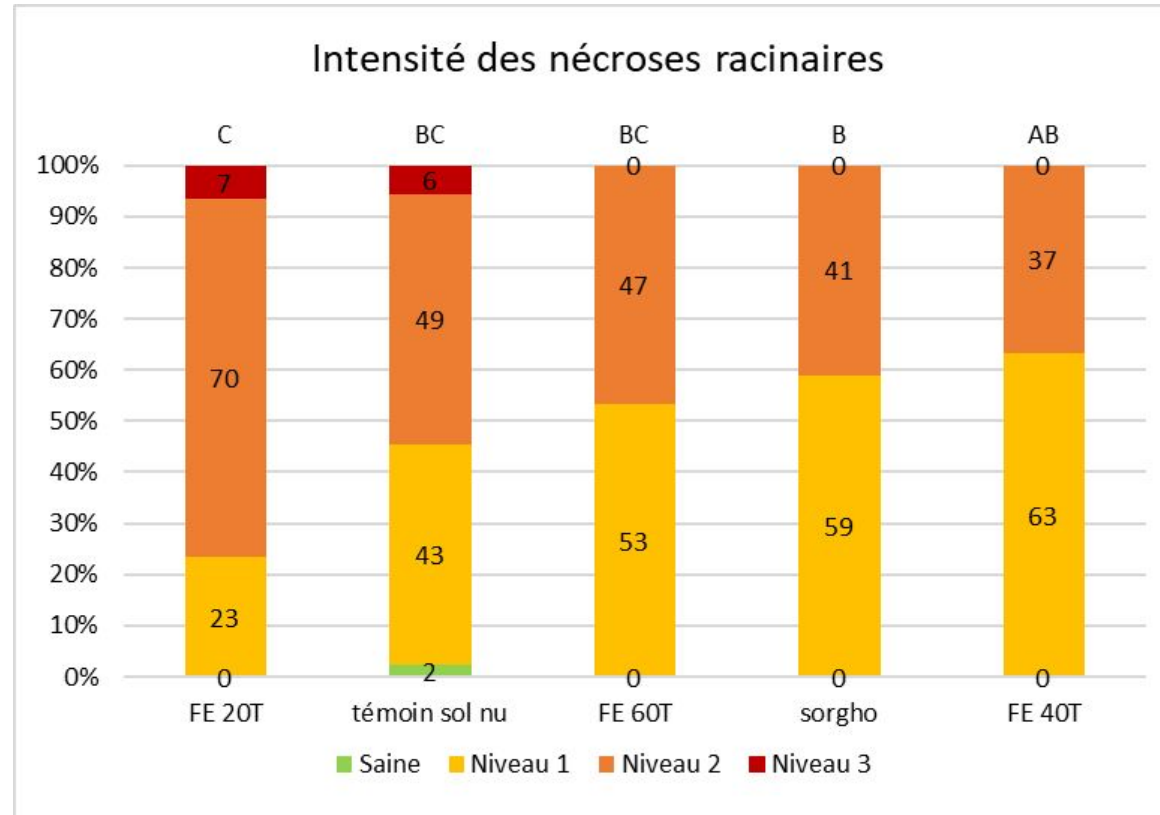


Pas d'effet sur le rendement



Essais en production sur la mâche

Apport du compost à 20-40-60 t/ha mi-septembre avant la mâche d'hiver



Pas d'effet sur le rendement, léger effet de FE 40 et 60 qui limitent les nécroses racinaires

Sur les essais en champ faits en 2023 et 2024: pas d'effets visibles pour l'instant mais les essais 2024 sont en cours de notations

Essai en production sur salade

Essai Compost pellet :

Objectif : apport de MO à 10 t/ha avec comparaison de l'effet suppressif de 2 formulations sur les pathogènes *Sclerotinia* et *Rhizoctonia* de la salade

Modalités :

- ORG 13.9t/ha
 - AM70 14.3t/ha
 - Témoin
-
- Mise en place le 17/06/24 et récolte 07/08/24

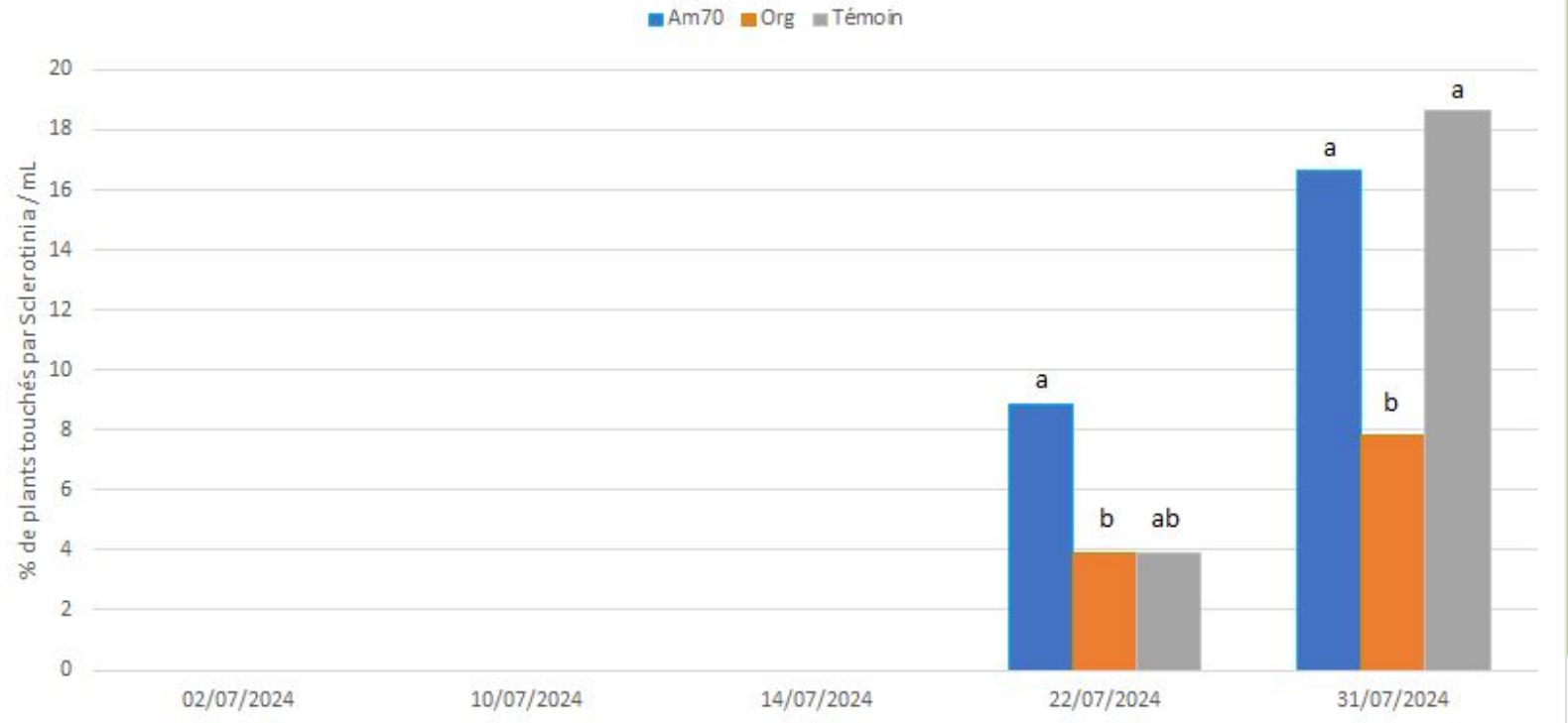


Composts CDDL (Marine)

- Effet suppressif du compost Org sur Sclerotinia ?
 - > 15/07 : pic d'azote sur la modalité Am70 = augmentation de la pression pathogène, salades plus grosses mais plus atteintes.



Moyenne de NO3- (N)



Conclusions

- ▶ Caractérisation de 10 composts ou amendements suppressifs
 - ▶ 3 compost efficaces sur laitue d'été
 - ▶ 2 amendements efficaces sur mâche hiver
- ▶ Effets des composts suppressifs varient selon les années et leur composition
- ▶ Effet dose démontré mais forte libération de N si $> 20\text{t/ha}$
- ▶ Effet sur le temps long ? En 2^e culture meilleure résistance aux pathogènes

Composts suppressifs



Des Questions ?

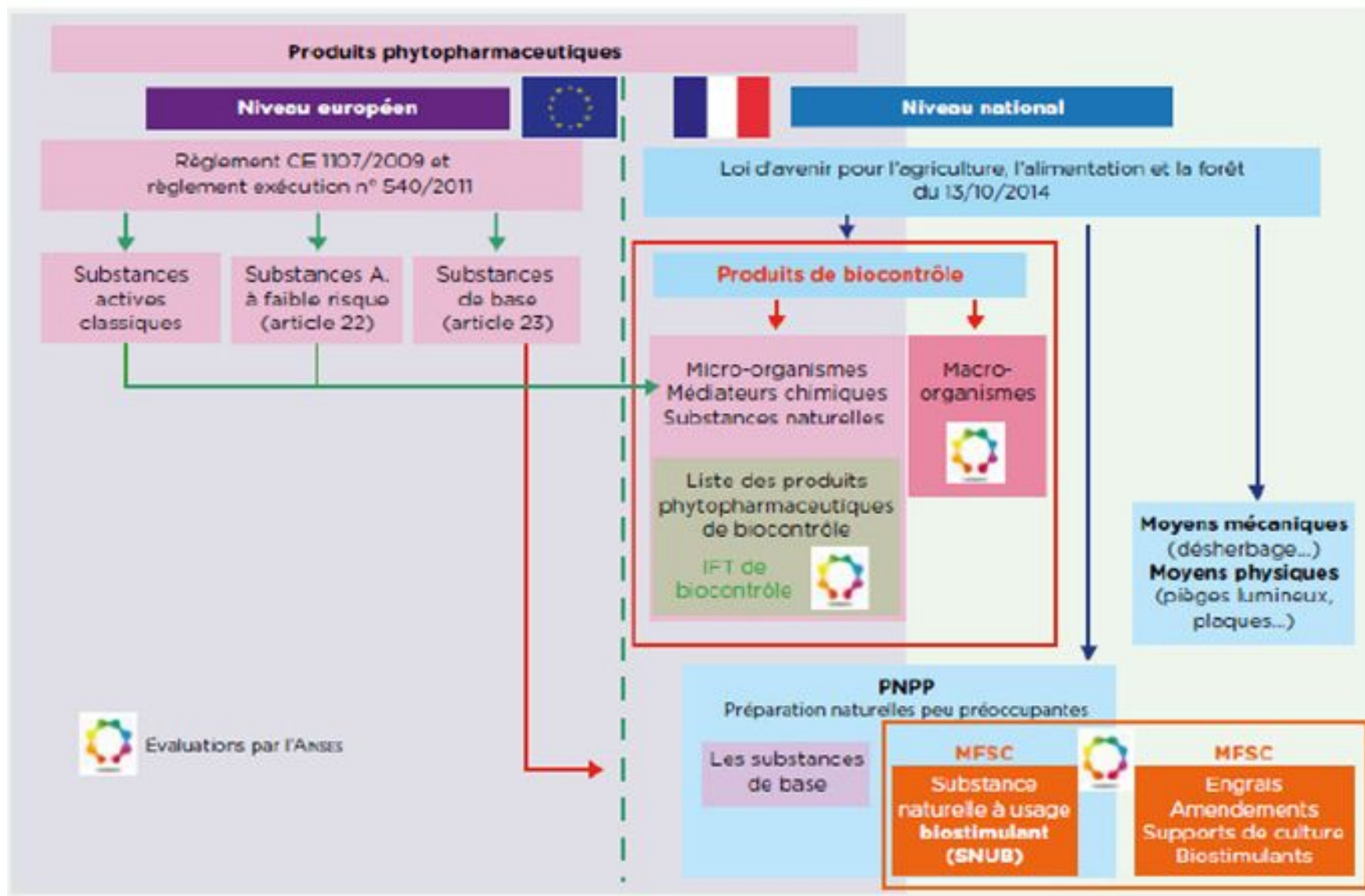
ARELPAL



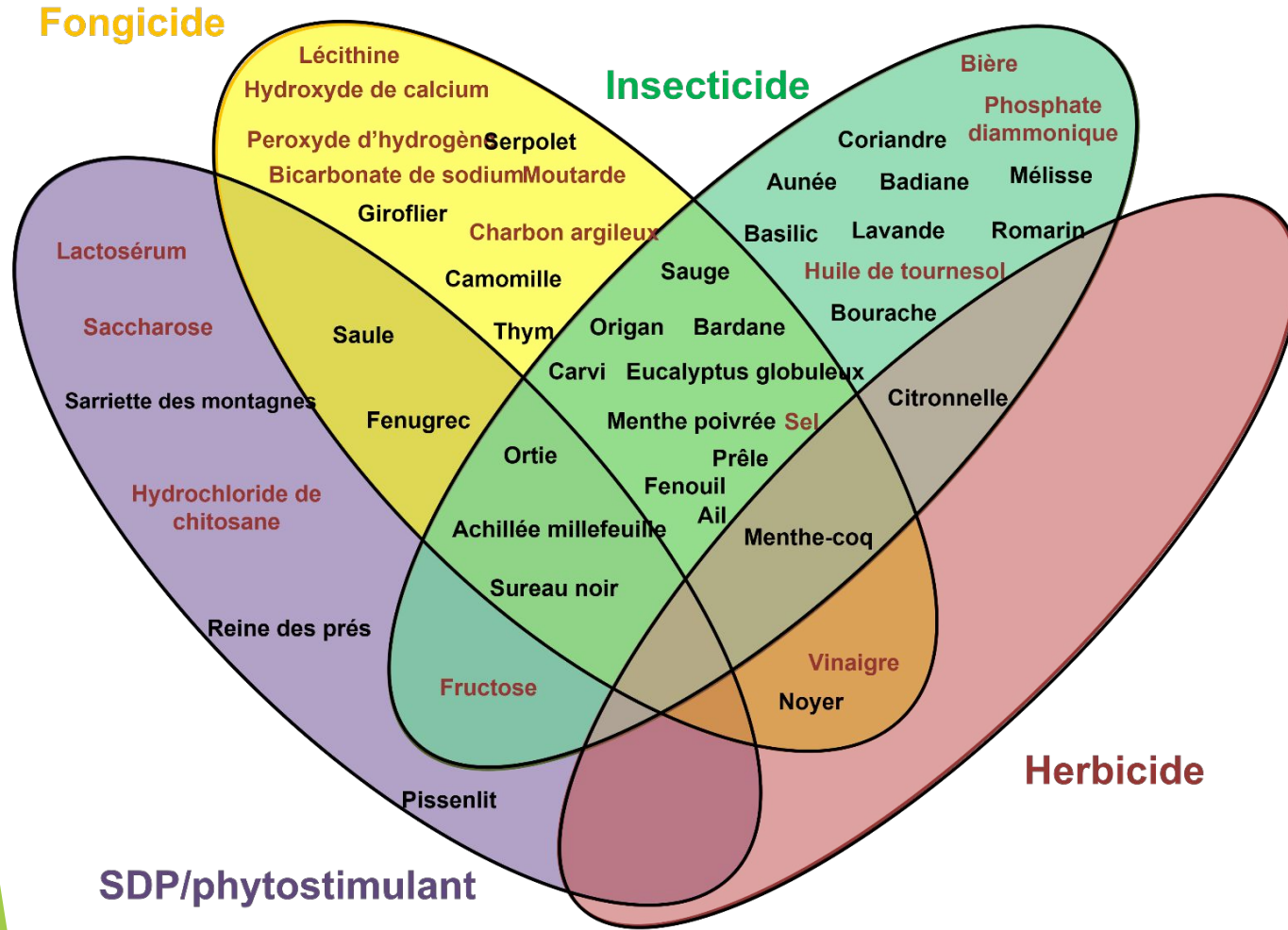
Les préparations naturelles peu préoccupantes PNPP

Arjuna RAVINDIRANE - arjuna.ravindirane@cddm.fr
CDDM (Comité départemental de développement maraîcher)

Réglementation



Extraits de plantes

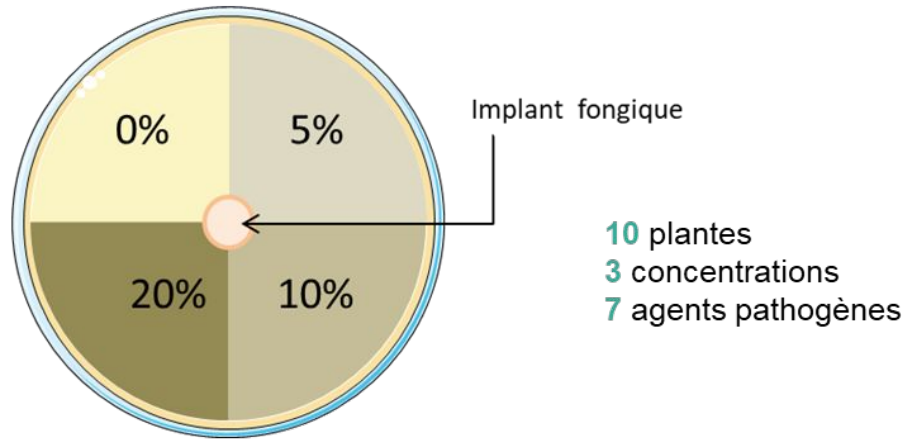


- **Macération** : opération qui consiste à laisser une / des partie(s) de plante dans un liquide pour extraire les parties solubles
- **Infusion** : préparation liquide obtenue par l'action de l'eau bouillante sur une / des partie(s) de plante dont les principes actifs solubles se diffusent dans l'eau par macération
- **Décoction** : opération qui consiste à extraire les principes actifs d'une / des partie(s) de plante par action d'un liquide porté à ébullition
- **Purin ou extrait fermenté** : préparation liquide obtenue par la fermentation de plantes pendant plusieurs jours à une $T^{\circ}\text{C} > 15^{\circ}\text{C}$ dans un milieu ombragé

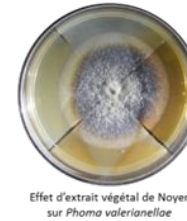
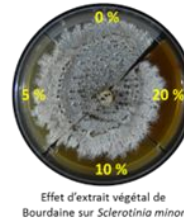
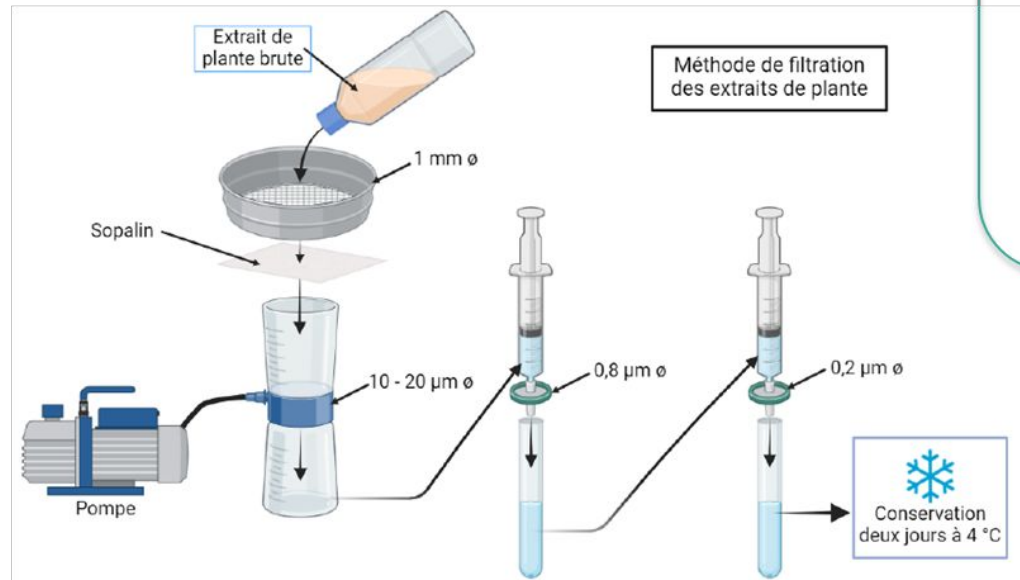
Substances de bases

Substances naturelles à usage biostimulant

Extraits de plantes

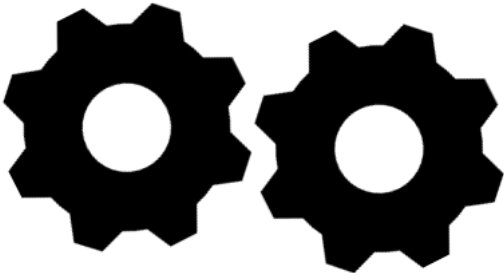


Soit **210** combinaisons testées



Extraits de plantes

	Concentration	Aneth	Anis	Armoise	Bourrache	Cannelle	Girofle	Gui	Lin	Murier	Réglisse
<i>Fusarium culmorum</i>	5										
	10										
	20										
<i>Phoma valerianellae</i>	5										
	10										
	20										
<i>Phytophthora porri</i>	5										
	10										
	20										
<i>Pythium sulcatum</i>	5										
	10										
	20										
<i>Rhizoctonia solani</i>	5										
	10										
	20										
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	5										
	10										
	20										
<i>Pythium ultimum</i>	5										
	10										
	20										



Extraits de plantes

Actions **directes** sur la plante

Actions des molécules dans l'extrait végétal : Formation de callose

- Action sur la cascade de signalisation induisant l'expression de gènes de défenses
- Meilleure nutrition
- Augmentation des paramètres photosynthétiques



Actions **indirectes** sur la plante

Actions des molécules dans l'extrait végétal : Impact sur la croissance de l'agent pathogène

- Inhibition de la germination des spores
- Action reprotoxique/reprostatique
- Induction de stress oxydatif et synthèse de radicaux libres chez les agents pathogènes / ravageurs => létalité



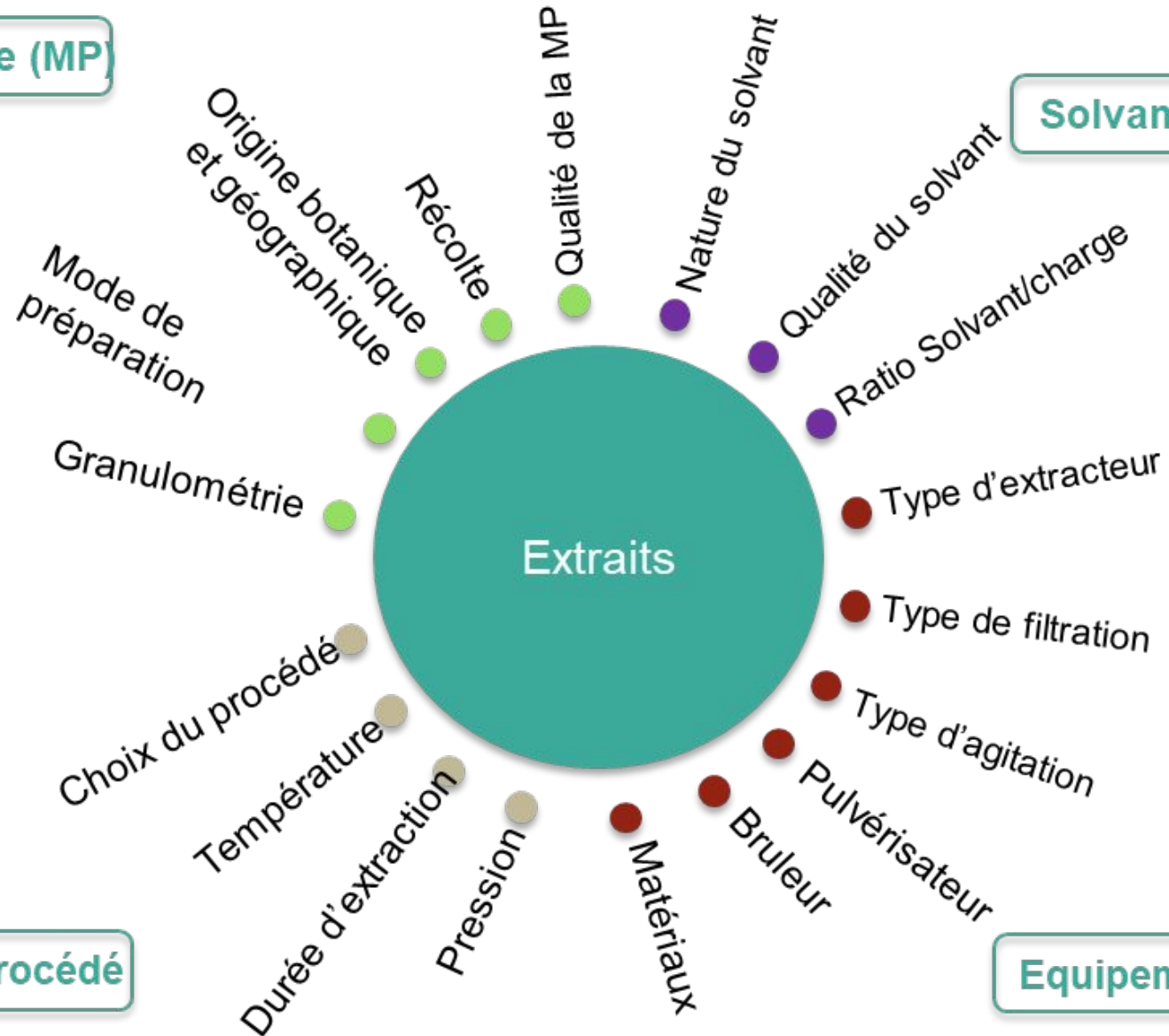
Extraits de plantes

Matière première (MP)

Solvant

Procédé

Equipement



Lutte contre nématode à galles sur tomate en conditions de production

Lutte contre nématode en conditions de production

Protocole - Notations aux cours des 3 années de projets



Partie aérienne

Partie racinaire

Etat global : observations mensuelles des altérations potentiellement liées au nématodes pour 30 plantes par modalités sur les parties aériennes :

C1 = dégât absent ou faible ;

C2 = dégât moyen (carence, ...) ;

C3 = dégât élevé (Flétrissement / mort de la plante)

Système racinaire touchés (%): Observations mensuelles de 15 plantes par modalité de la présence de racines touchées (3 prélèvements à la tarière par plantes)

Analyse nématode : 3 prélèvements (début, milieu et fin de culture) sur 3 zones par modalités de sols touchés afin de quantifier et d'identifier les nématodes.

Echelle de Zeck : Des cartographies d'indices de galle de nématodes sont réalisées au moment de l'arrachage en fin de culture pour 30 systèmes racinaires par modalité

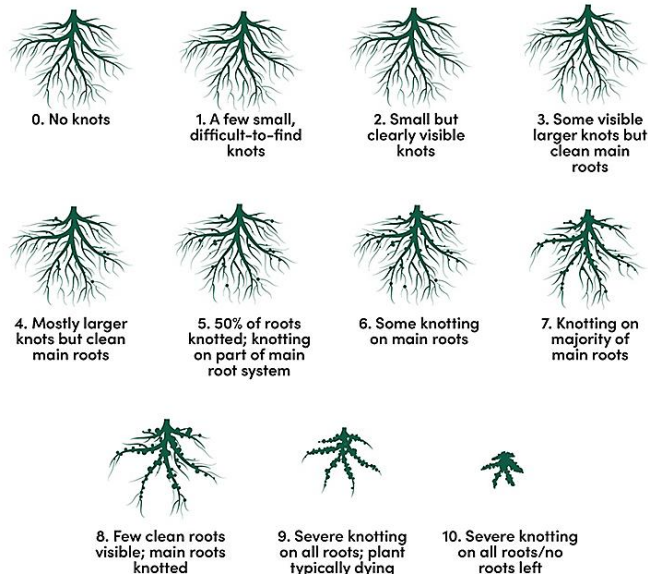


Lutte contre nématode en conditions de production

Protocole - IGR échelle de zeck

Echelle de classe allant de 0 à 10 en fonction :

- Taux de racine touchée sur un système racinaire
- Taille / quantité des galls



Estman.com

0 Système racinaire complètement sain 0% du système infesté (pas de galle)			
1 Très peu de petites galls 5% du système infesté			
2 De nombreuses petites galls facilement détectable 10% du système racinaire infesté			
3 Nombreuses petites galls et quelques galls moyennes 15 % du système infesté			
4 Nombreuses petites galls et quelques galls grosses, le système racinaires fonctionne encore 20 % du système infesté			
5 Le système racinaire comporte des galls et il ne fonctionne plus correctement 25 % du système racinaire infesté			
6 Le système racinaire ne fonctionne plus correctement 50 % du système racinaire infesté			
7 Le système racinaire ne fonctionne plus = perte de rendement 75% du système racinaire infesté			
8 Les racines sont couvertes de galls, la nutrition du plant est bloquée 90 % du système racinaire infesté			
9 Le système racinaire et la plante sont en train de mourir 95% du systèmes infesté			
10 Plantes et racines mortes, disparition du système racinaire 100 % du système infesté			

Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2022 - Protocole

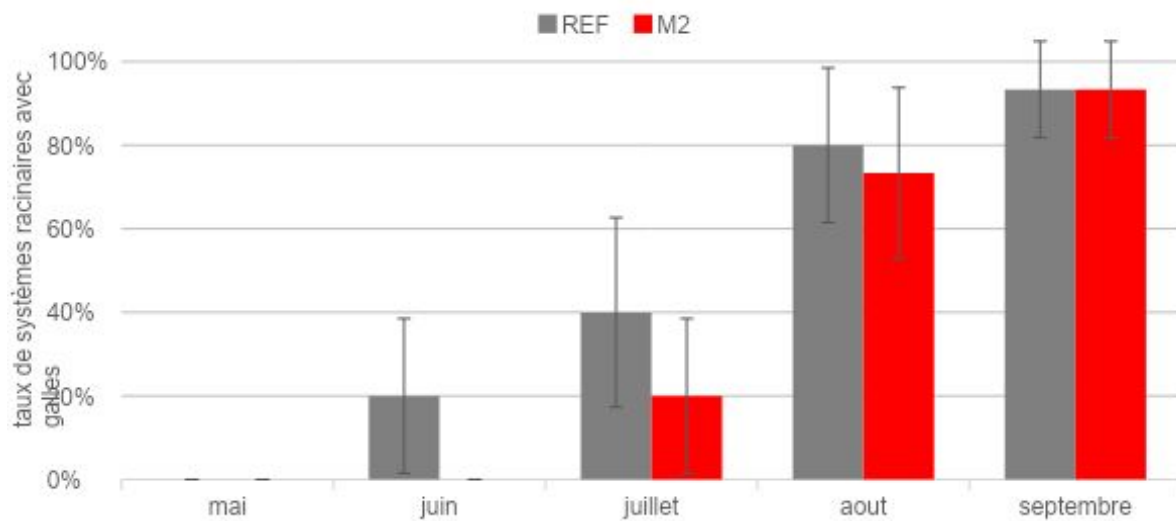
L'œillet d'inde (*Tagetes patula*) - effet nématicide : les racines de ces plantes sécrètent une substance appelée thiophène, qui est toxique pour les nématodes¹

Œillet en interculture ou associées : Utilisé en couvert en interculture mais aussi potentiellement en cultures associées

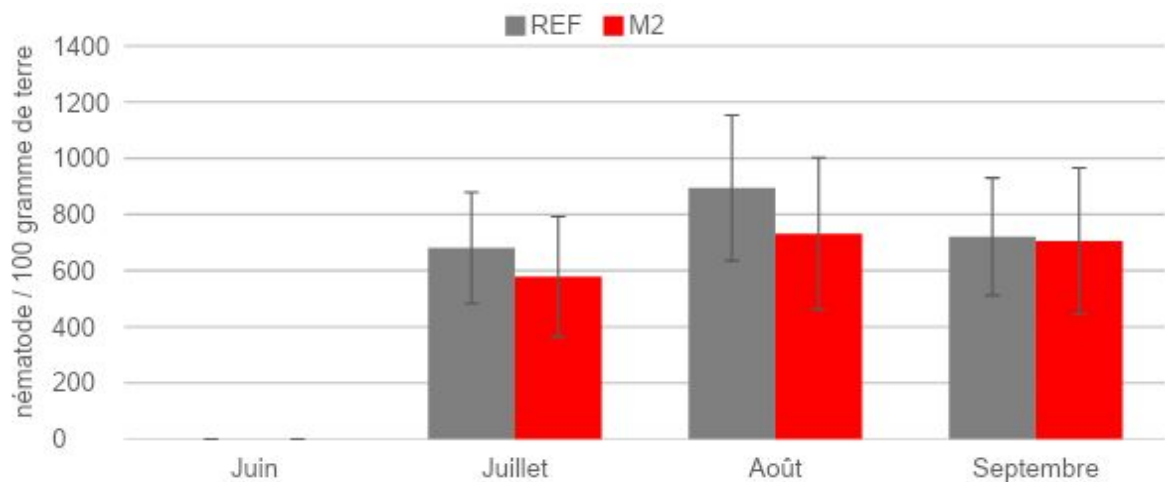
Produits		Dose	Variété + pg	Plantation
REF	-	-	Romindo + Maxifort	18 avril
M1	Œillet d'inde	1/3 plants de tomate		
M2	Œillet d'inde	1/1 plant de tomate		

Lutte contre nématode en conditions de production

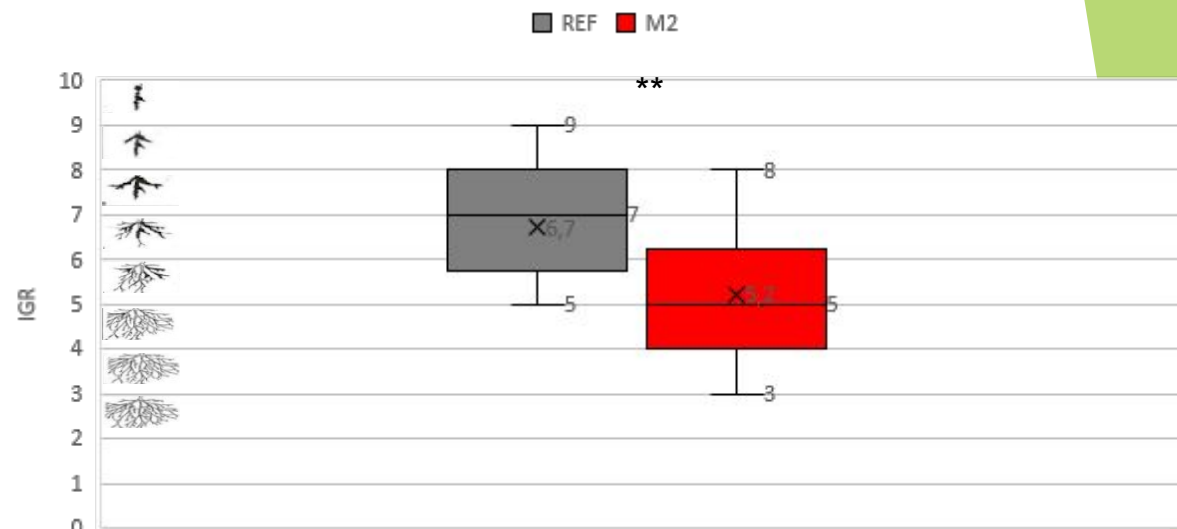
Essai 2022 - Résultats



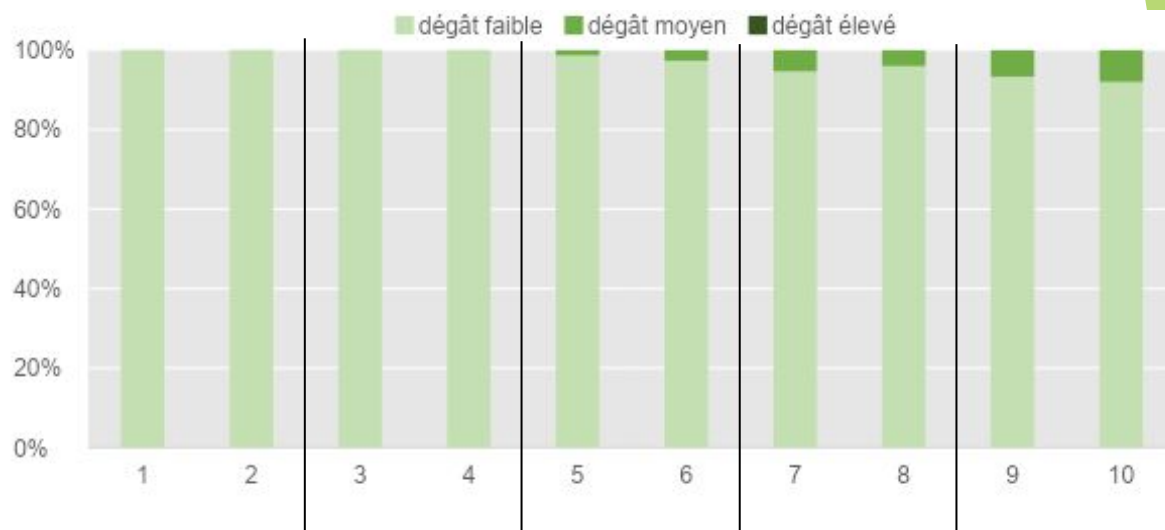
Comparaison du taux de plantes touchées (présence de galle sur les racines). Test statistique anova - tukey. pas de différence significative.



Evolution de la quantification du nombre de nématode retrouvé par gramme de terre (Vegepolys - phytodiag)



Comparaison de l'indice de galle racinaire des deux modalités en fin d'essai. Test statistique t.test : p-value = 0.001749.



Répartition des classe dégâts observés sur la partie aérienne des plantes. Test statistique anova - tukey. pas de différence significative.

Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2022 - Conclusion et perspectives

Modalité avec 1 plant d'œillet d'inde pour 1 plant de tomate = Efficacité partielle et hétérogène, faible réduction des IGR dans les meilleurs cas, mise en place et maintien difficile ... □ **quelles alternatives ?**



Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2023 - Protocole

Produits*	Dose	Fréquence*	Variété + pg	Plantation
Eau	Volume de bouillie équivalent	1 fois par mois puis 2 fois par mois	Romantica + Maxifort	20 avril
CED	9 L/ha	1 fois par mois puis 2 fois par mois		
NEM	15 L/ha	1 fois par mois puis 2 fois par mois		

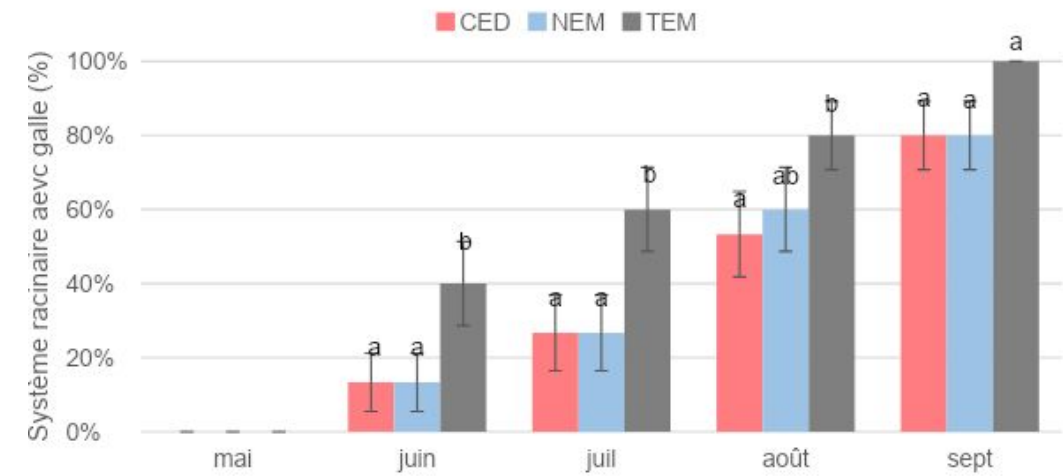
*CED = Cedroz et NEM = extrait de tagètes. Augmentation des fréquences en période estivales

Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2023 - résultats



Evolution de l'incidence des nématodes



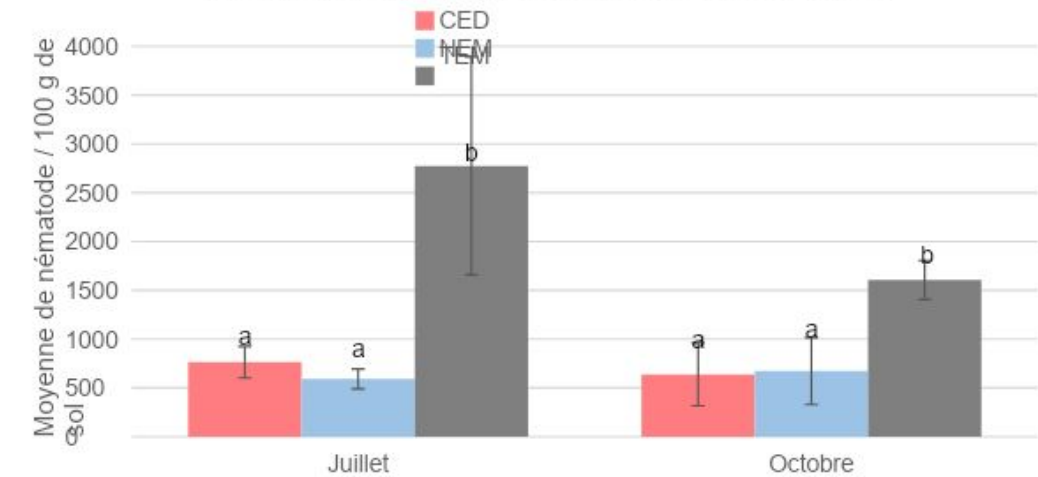
Test statistique anova - tukey . p-value = 0,0012**



b ab a

Test statistique p-value = 0,0063**

Evolution de la quantité de nématode dans le sol



Test statistique p-value = 0.004258 **

Classification des dégâts



Test statistique anova - tukey. p-value = 0.004258 **

Lutte contre nématode en conditions de production 2023 - Conclusions & Perspectives

Réduction globale de la pression sur la parcelle : dégâts sur parties aériennes (flétrissement) et racinaires (IGR), quantités de nématodes et IGR. Toutefois les pertes de plantes restent élevées malgré les applications de Cedroz et d'extrait de tagètes.

□ Intérêt d'intégrer ces solutions dans une stratégie de protection de cultures de tomates contre les nématodes en combinaison avec d'autres leviers d'actions... par exemple avec un couvert pièges en interculture ou encore des acariens prédateurs.

Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2024 - Protocole

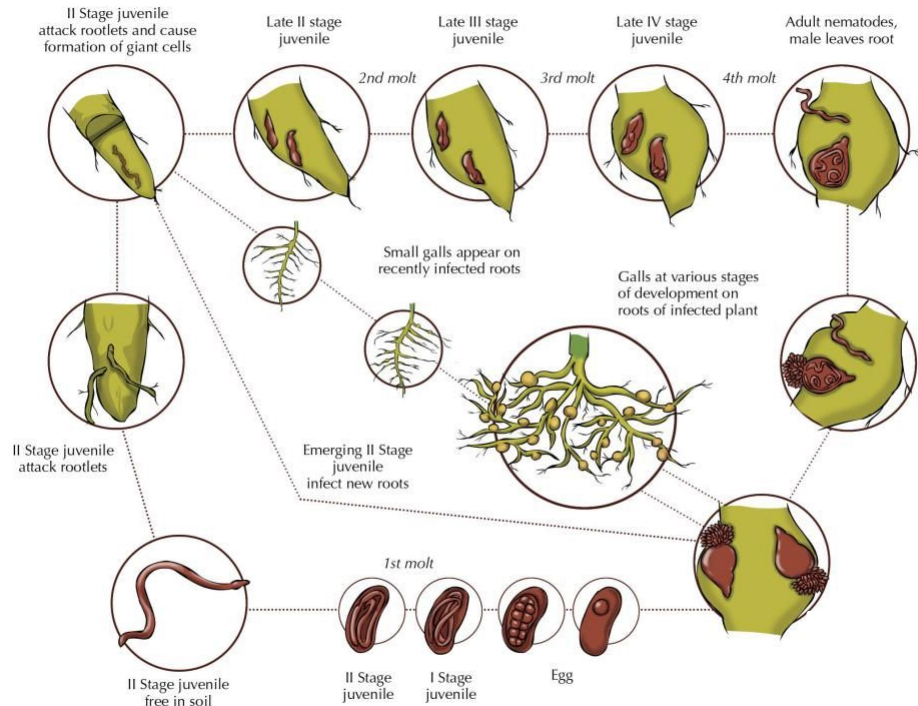
MODALITE*	Produits	Dose	Variété	Plantation
REF	Solution de protection (CED + NEM) Porte greffe résistant Mi	CED 9L/ha * 6 + NEM 15L/ha *2 puis 10L * 6	Romatico Sanatera	S17 (fin avril)
REF + DS + AC	Solution de protection (CED + NEM) Porte greffe résistant Mi +	CED 9L/ha * 6 + NEM 15L/ha *2 puis 10L * 6	Romatico Sanatera	
	Double sorgho (DS) Acariens prédateurs (AC)	Piper - 2*100t/ha /		
REF + DS	Solution de protection (CED + NEM) Porte greffe résistant Mi +	CED 9L/ha * 6 + NEM 15L/ha *2 puis 10L * 6	Romatico Sanatera	
	Double sorgho (DS)	2*100t/ha		

Allée centrale																			
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
REF DS											REF DS AC					REF			
Chapelle 4					Chapelle 3					Chapelle 2					Chapelle 1				

*Modalité: D'autres modalités ont été testées mais ne seront pas présentées, notamment avec un PG disposant d'une résistance classique Maxifort + double sorgho.
Dose : CED / NEM 1 application par mois puis 2 en période estivales

Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2024 - Protocole



www.syngentaornamentals.co.uk

Une partie du développement des nématodes (de J2 à Œufs) se fait dans une plante hôte.

La destruction de cet hôte après pénétration de J2 et avant formation des œufs permet de réduire la population de nématode sur la parcelle

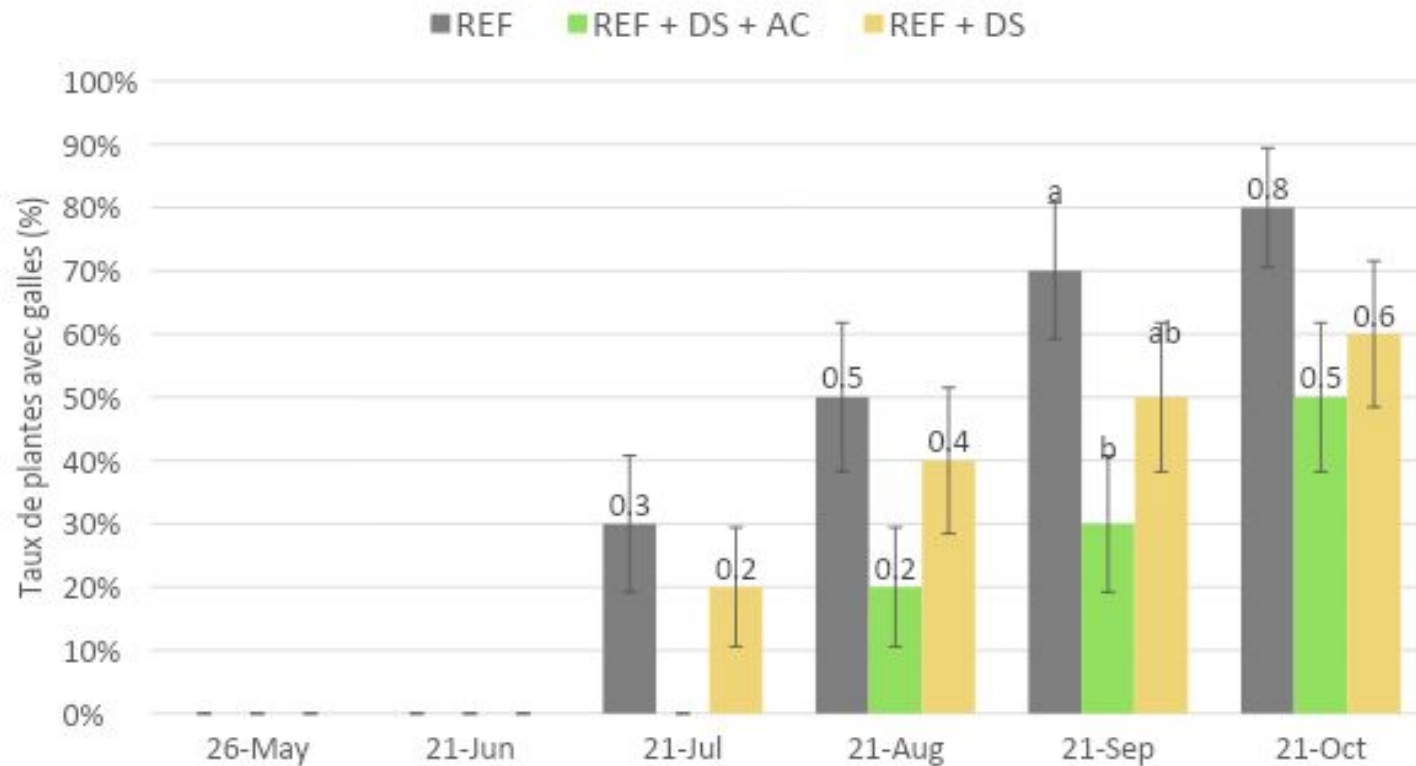


Le sorgho est utilisé pour sa mise en œuvre simple et sa capacité de croissance rapide*

Toutefois une adaptation de la stratégie au climat du bassin Nantais et cycle culturale est nécessaire : Deux sorghos « courts » mais non consécutifs sont réalisés, un en septembre et un mars

Lutte contre nématode en conditions de production

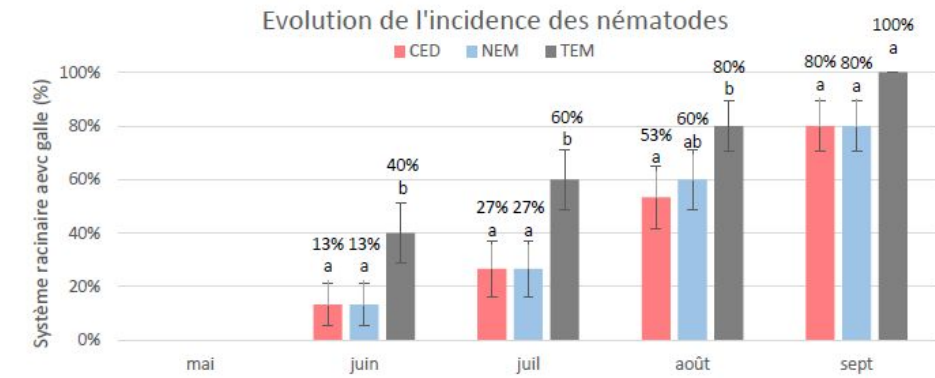
Essai 2024 - Résultats incidence



Anova - tukey. p-value = 0.001854

Juillet : Premières galls observées en juillet sur 30% de la parcelle pour **REF** et **20% REF + DS** sans détection sur **REF + DS + AC**

Septembre : Moins de plantes touchées sur **REF + DS + AC** (30%) par rapport à **REF** (70%)

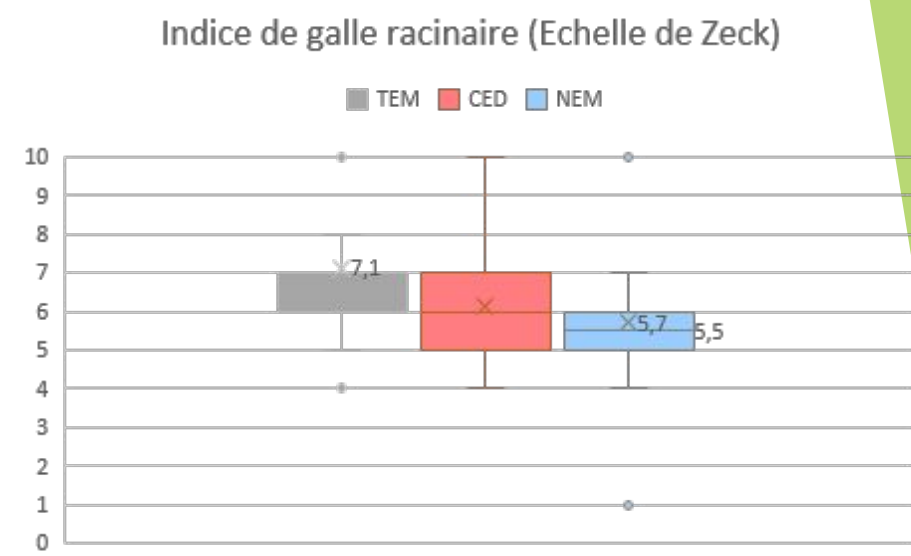
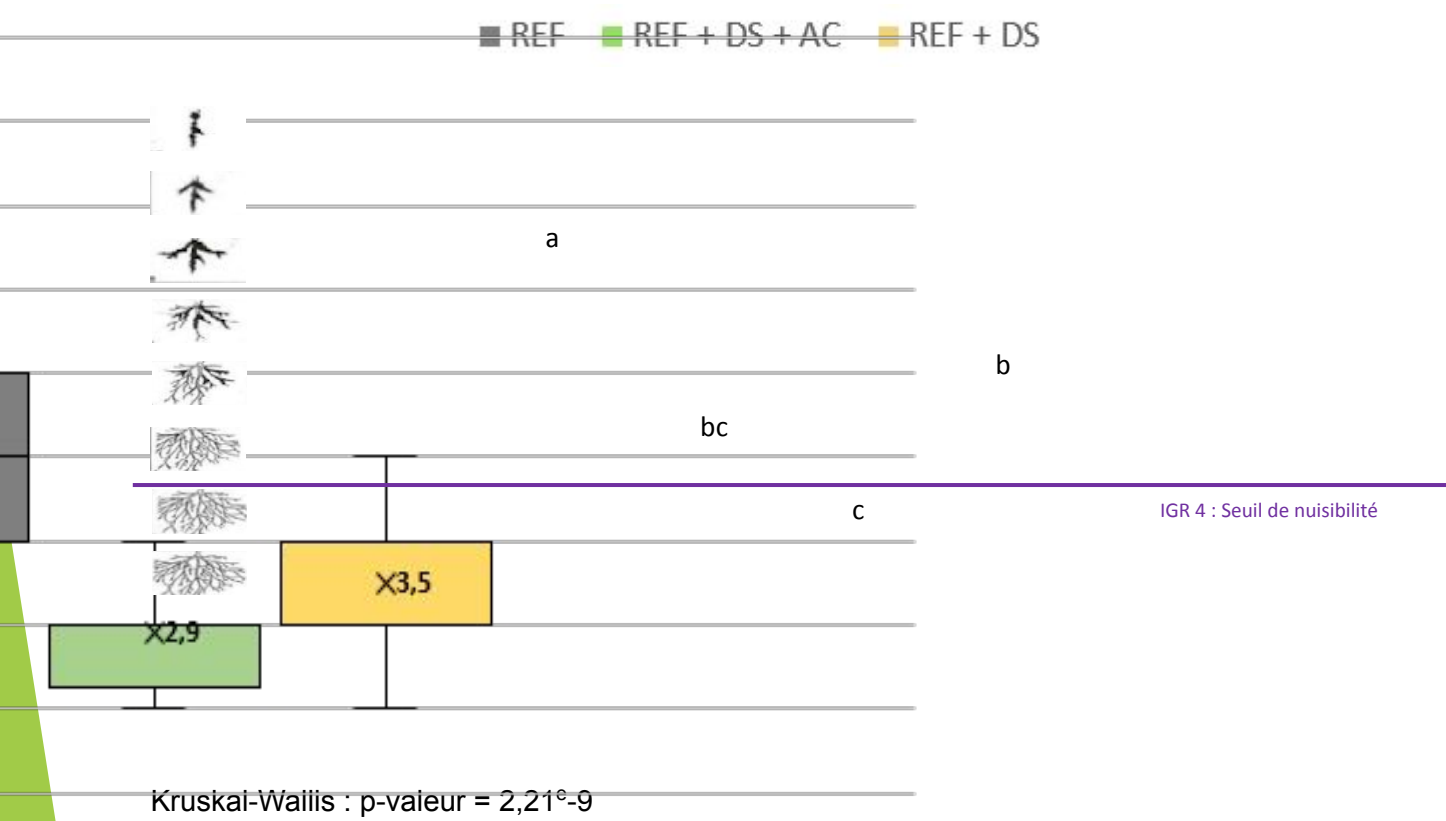


Comparaison du taux de plantes touchées (présence de galle sur les racines). Test statistique anova - tukey. p value = 0,0012**

En 2023 : 80% des plantes touchées sur l'ensemble des modalités en septembre

Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2024 - Résultats Indice de galles racinaires



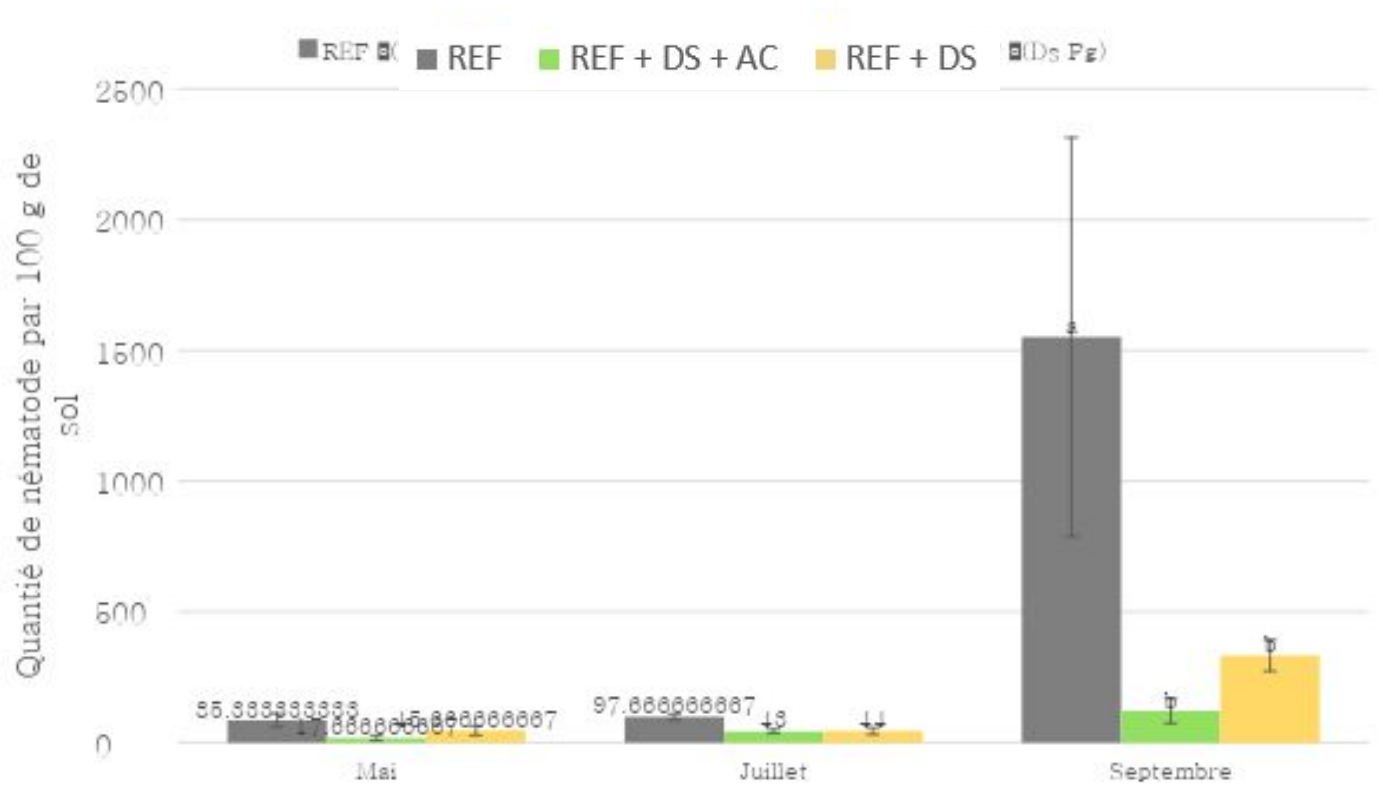
En 2023 : IGR entre 7,1 TEM et 5,7 NEM

Différence entre les modalités, avec un IGR de 2,9 pour REF + DS + AC par rapport à 3,5 pour REF + DS et de 4,8 pour REF

□ IGR 3 = 15% du système racinaire touchée avec quelques petites galles

Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2024 - Résultats quantification de nématode



Anova - tukey. P-value = 0.004258

Mai & Juillet = Pas de différence entre les modalités, quantité inférieure à 100 individus pour 100g/sol

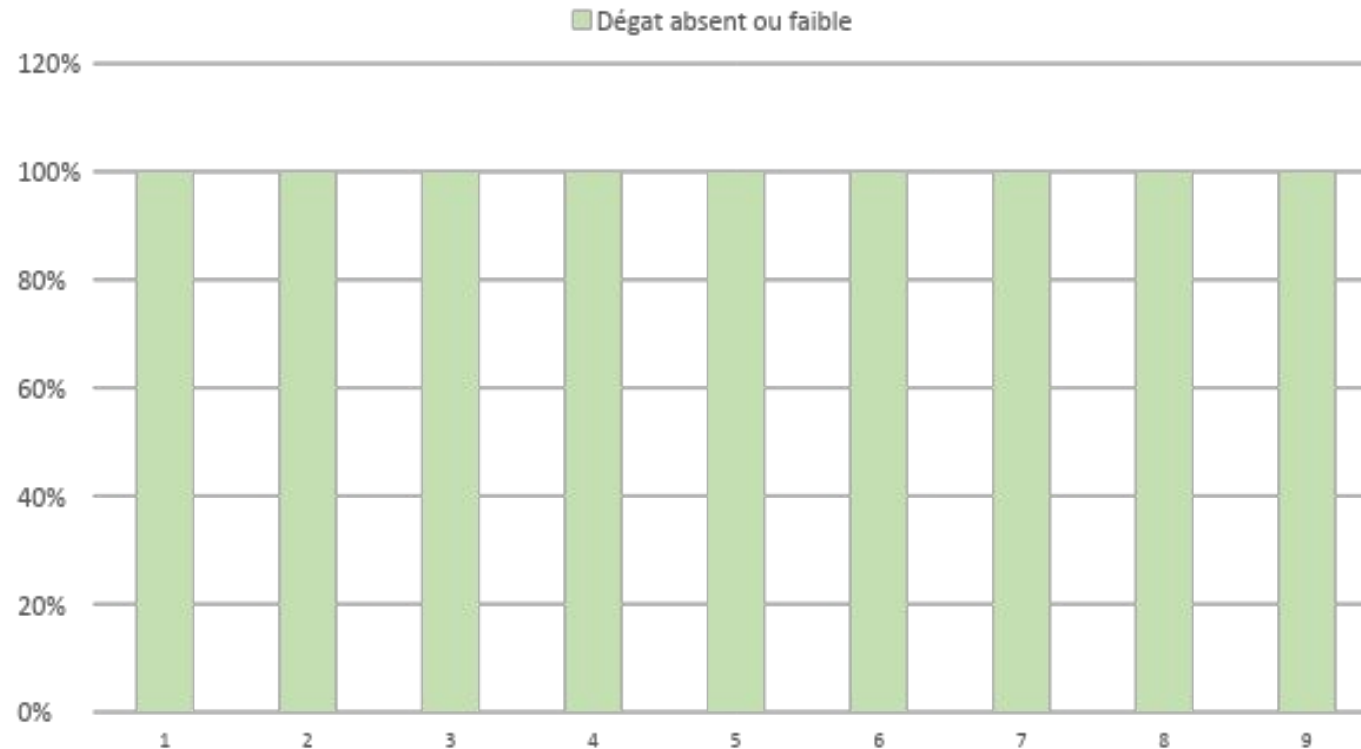
Septembre = réduction d'environ 93% pour REF + DS + AC et 79% pour REF + DS par rapport à REF

Modalité	Mai	Juillet	Septembre
TEMOIN (2022-23)	681	2775	1605
M 2022	578	732	705
M 2023	500	592	638
M 2024	18	43	121

2022 et 2023 : les modalités les plus performantes indiquent en septembre 638 et 705 nématodes / 100 g de sol contre 121 en 2024

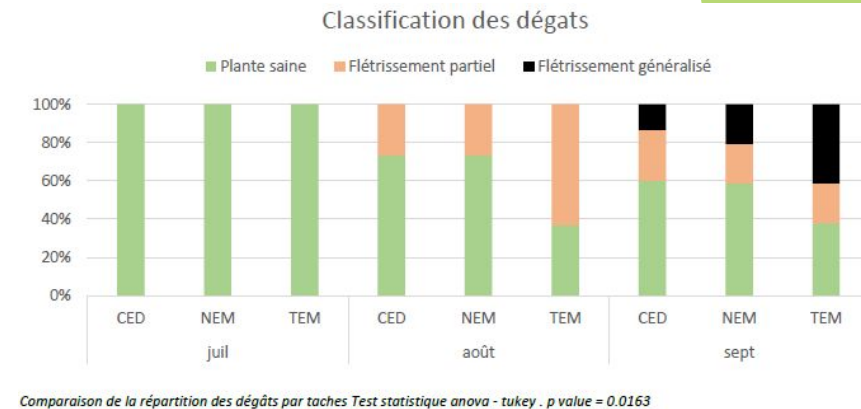
Lutte contre nématode en conditions de production

Essai 2024 - Résultats dégâts sur parties aériennes



Pas de différence significative

Jusqu'à fin septembre, pas de dégâts importants potentiellement liés aux nématodes observés sur la culture

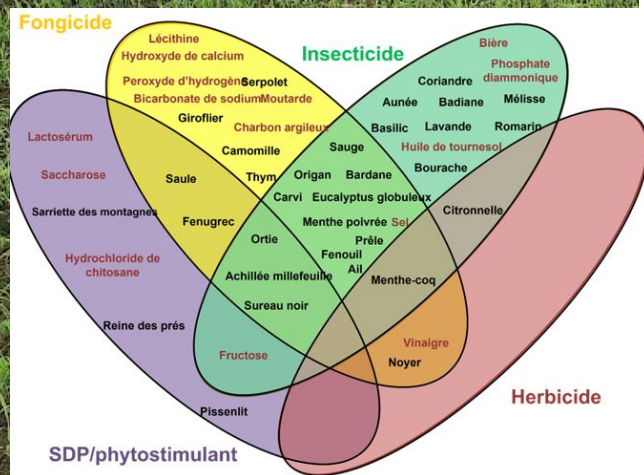


En 2023 : entre 10 et 40% des plantes avec flétrissements généralisés sur la parcelle en septembre

Lutte contre nématode en conditions de production

Conclusions des 3 années d'essais

Le projet SUPERNOMA a permis de confirmer qu'une combinaison de plusieurs de leviers de protection (**Couverts, Extraits végétaux, levier génétique...**) est nécessaire pour assurer une réduction viable des populations et de la gravité des attaques des nématodes à galles sur une culture de tomate.

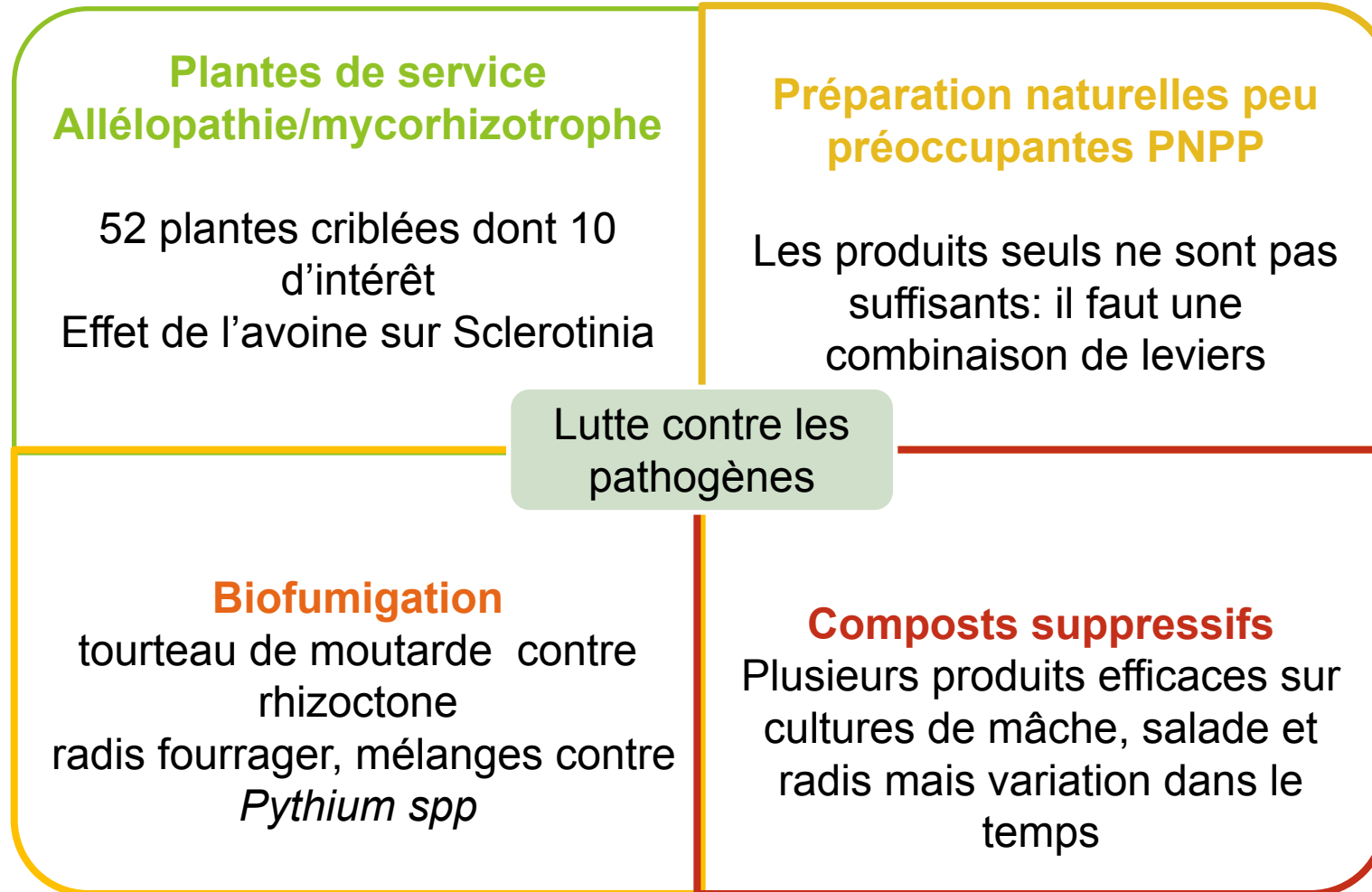


Extraits de plantes

Cultures associées

Couvert pièges en interculture

Conclusion sur efficacité des alternatives



A suivre ? projet PULSAR : améliorer le pouvoir suppressif des sols

Remerciements

- Aux producteurs pour avoir participé aux essais
- Aux partenaires et leurs équipes:



- Aux partenaires: Fertileveil, Terrial, Avresne, CAMN, RAGT, Cérience, Cecoval, Angibaud, Brangeon, Cobiotech
- Aux financeurs



Merci de votre attention



Des Questions ?