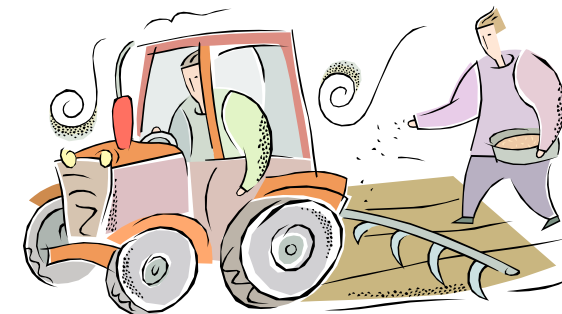


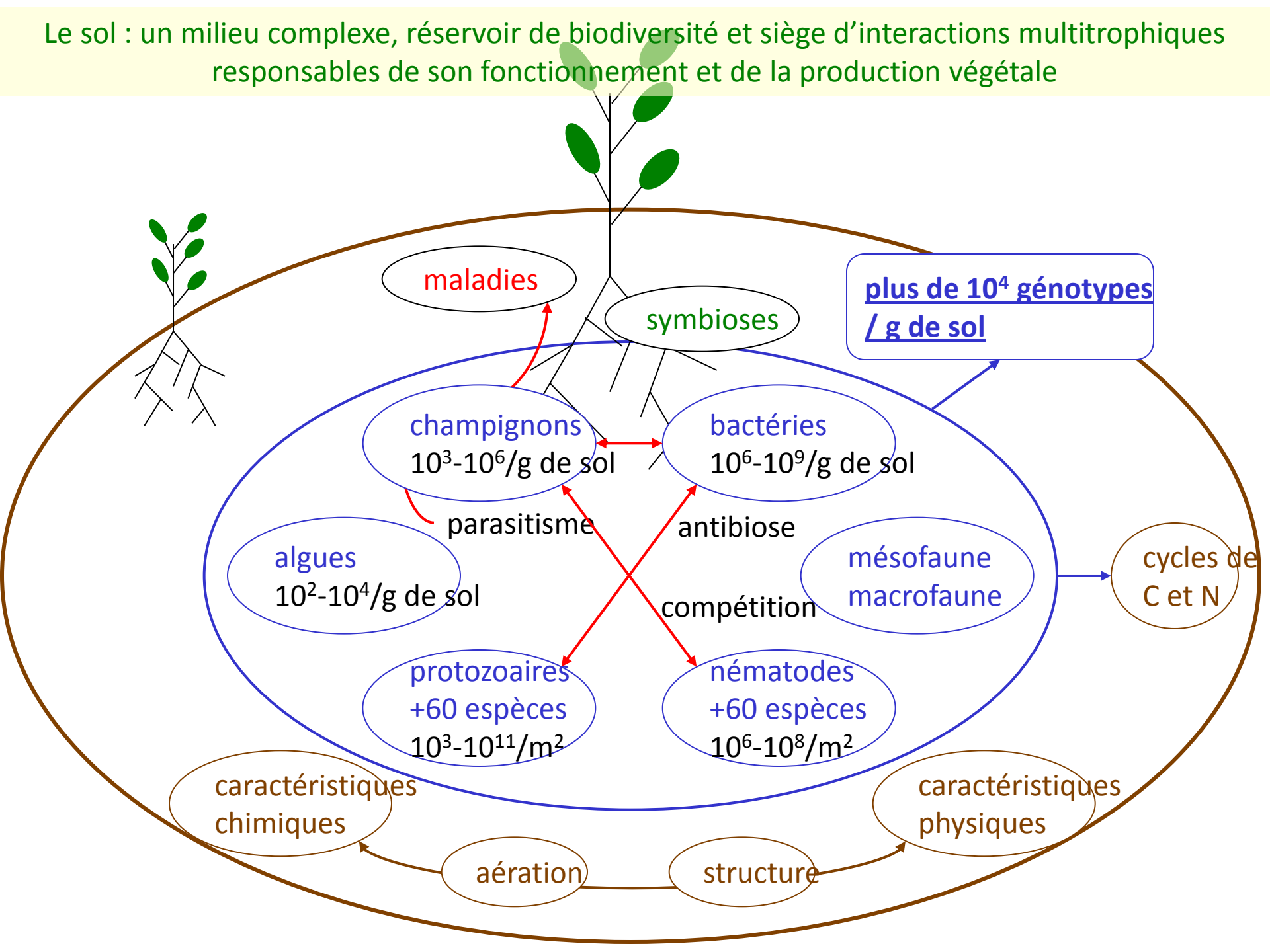
Ecologie Microbienne du Sol. Intérêt pour les cultures.

C. Steinberg

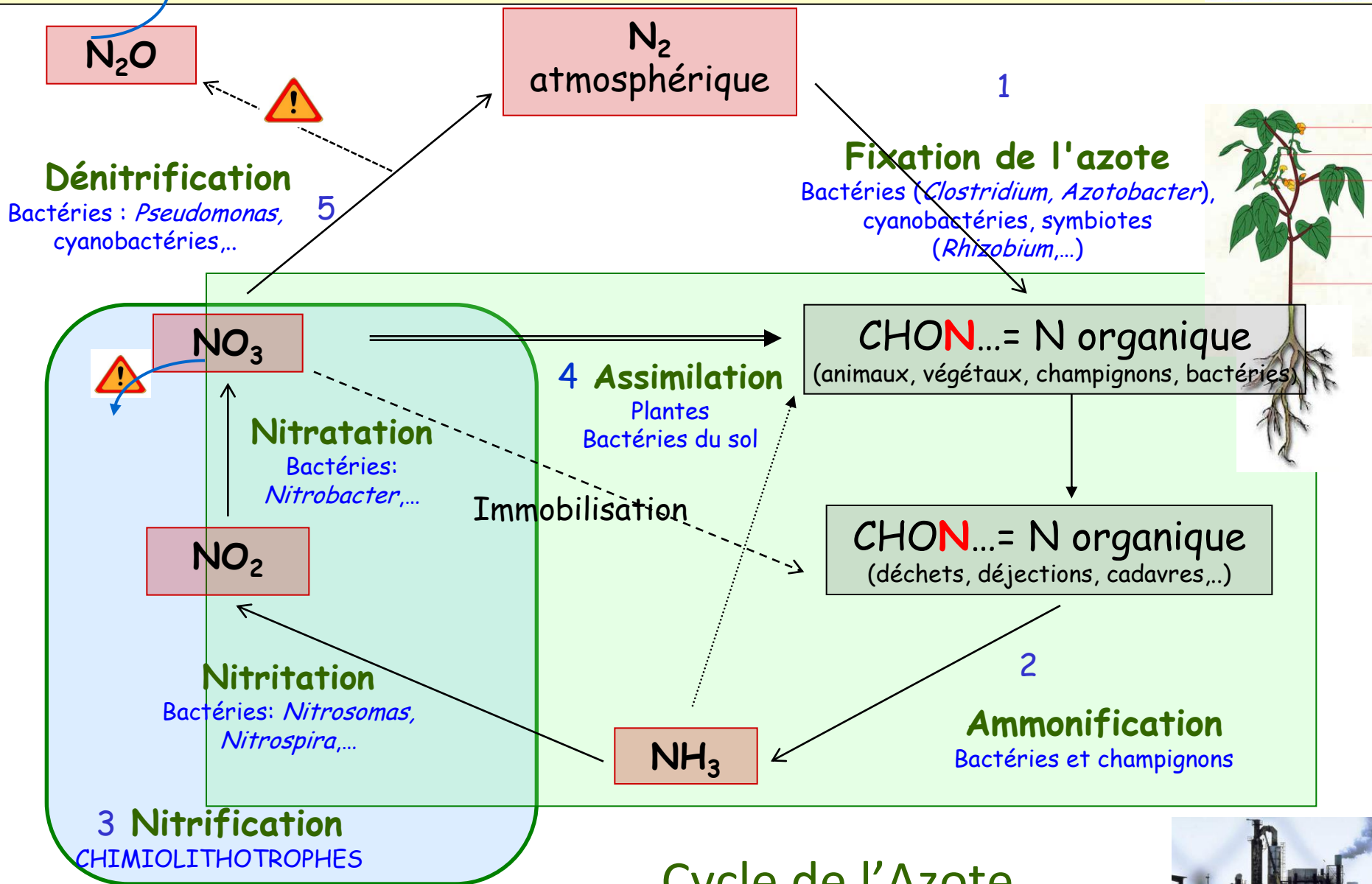


1. Le sol - les cycles biogéochimiques- la rhizosphère
2. Concepts : Potentiel infectieux et Résistance d'un sol aux maladies
3. Sources d'inoculum et gestion des résidus de culture
4. Mobilité des foyers d'infections de *Rhizoctonia solani*
5. Cultures intermédiaires
6. Causalité des altérations superficielles de pomme de terre
7. Conclusion générale : L'écologie microbienne comme indicateur du bon fonctionnement du sol

Le sol : un milieu complexe, réservoir de biodiversité et siège d'interactions multitrophiques responsables de son fonctionnement et de la production végétale



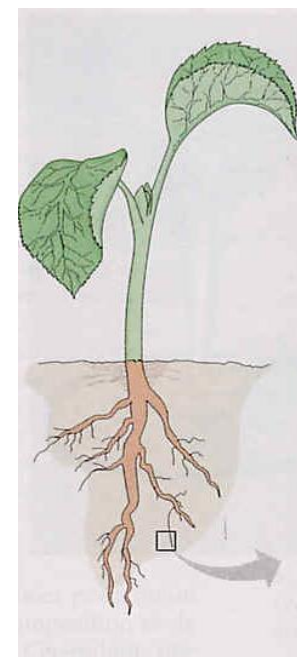
Un exemple de cycle biogéochimique
reposant sur les activités microbiennes :
le cycle de l'azote



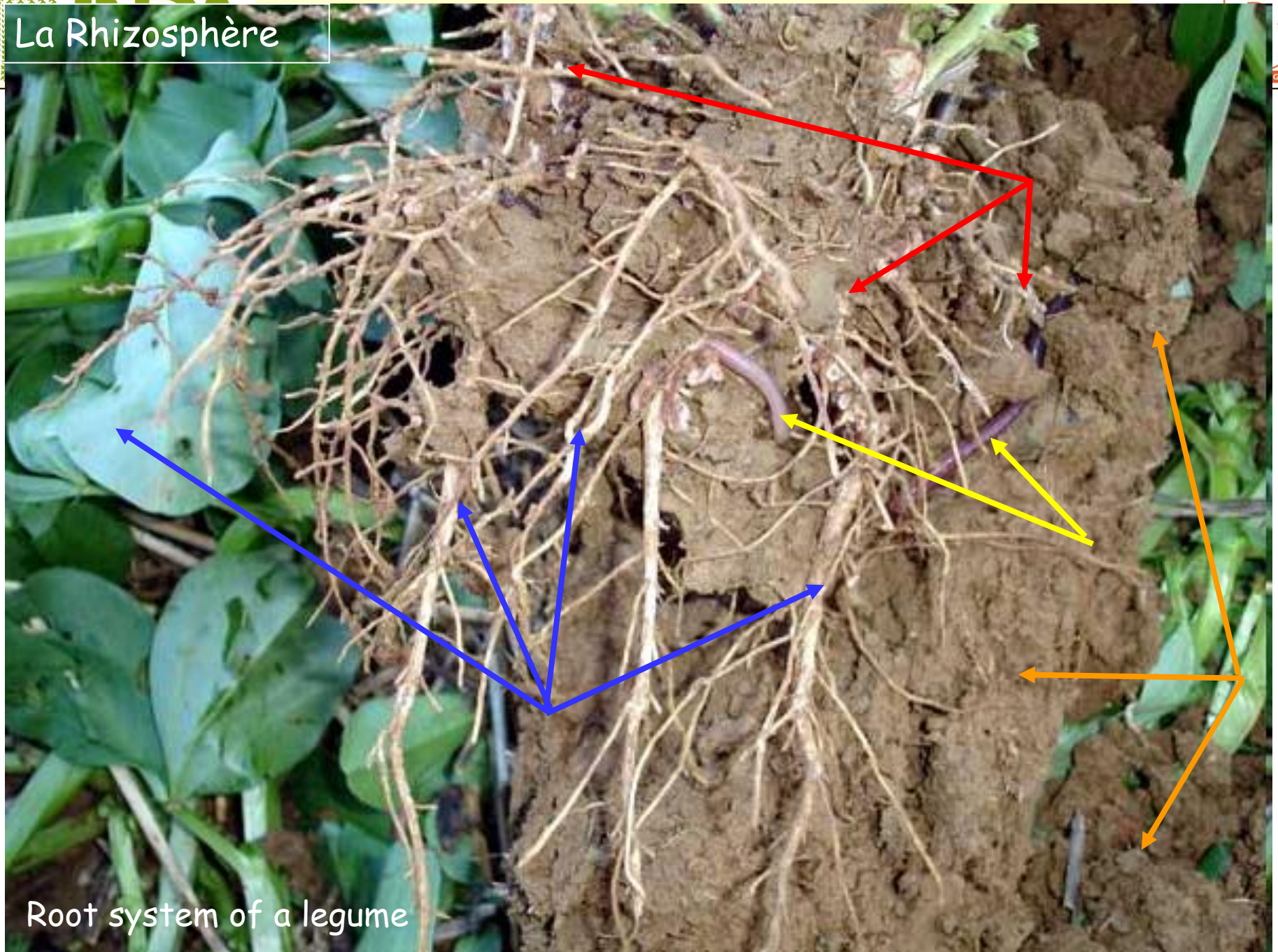
Cycle de l'Azote



Les interactions plantes-microorganismes



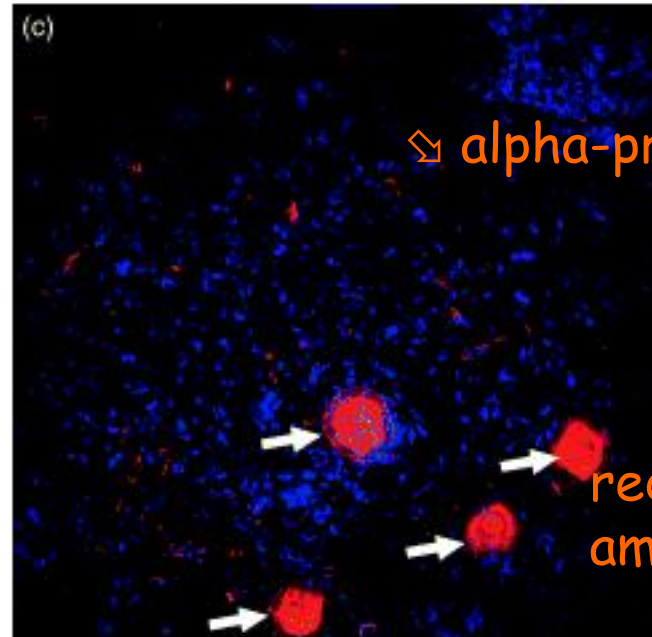
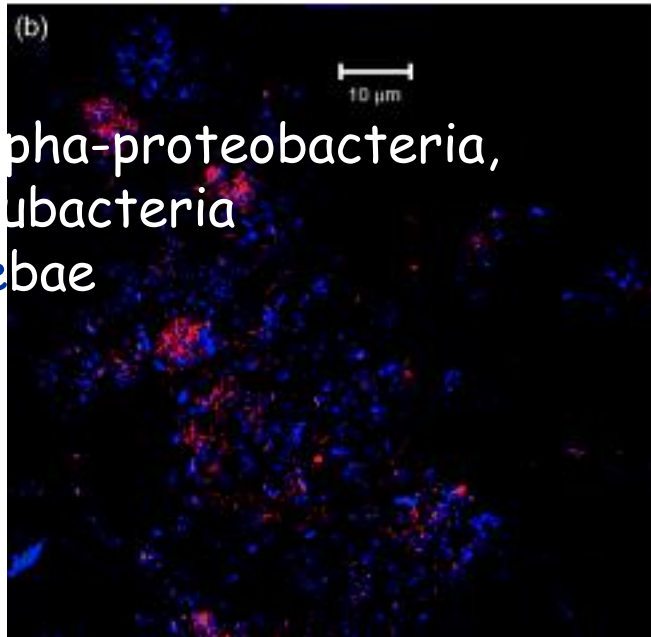
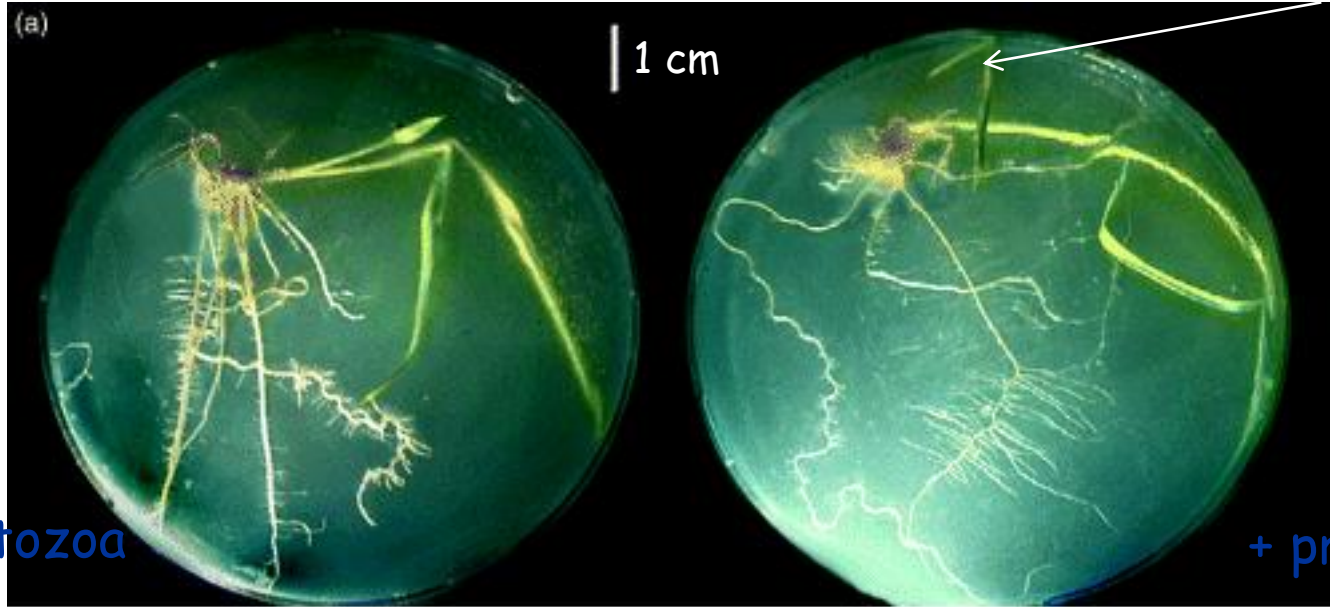
La Rhizosphère



Root system of a legume

Interaction plante-microorganismes :

riz (*Oryza sativa*).



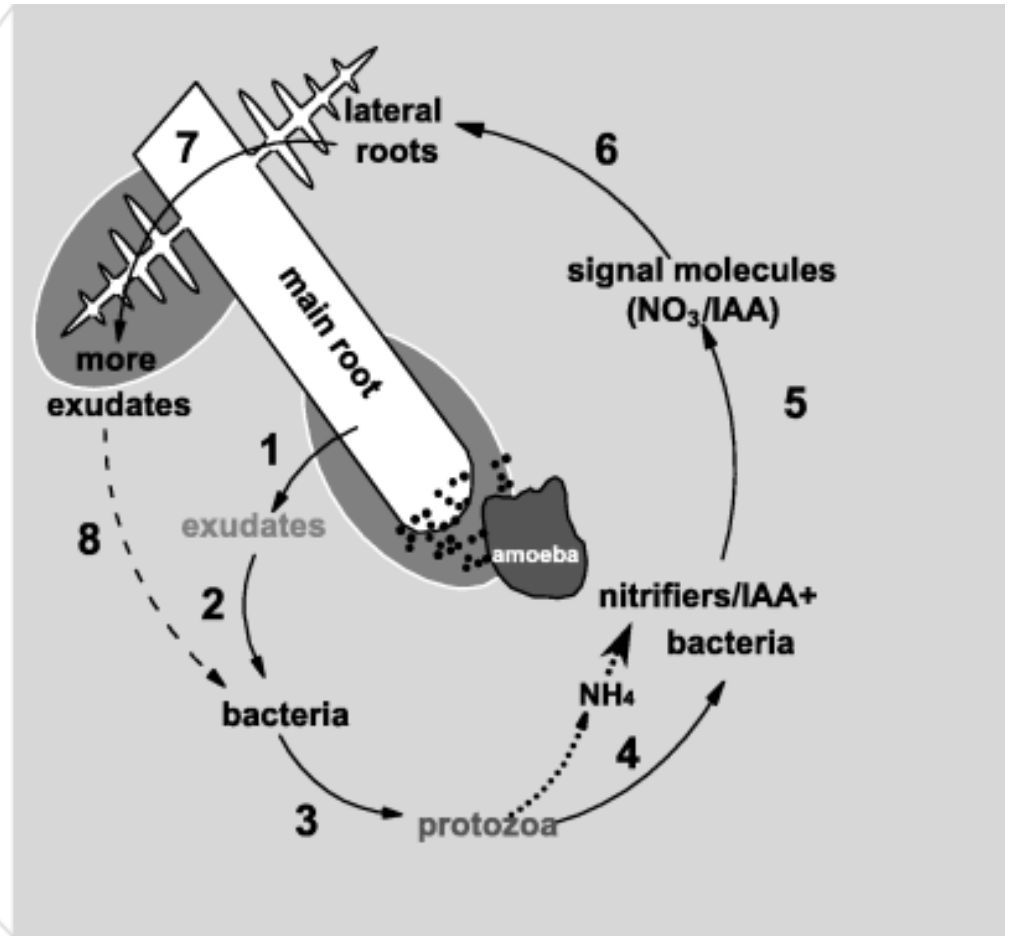
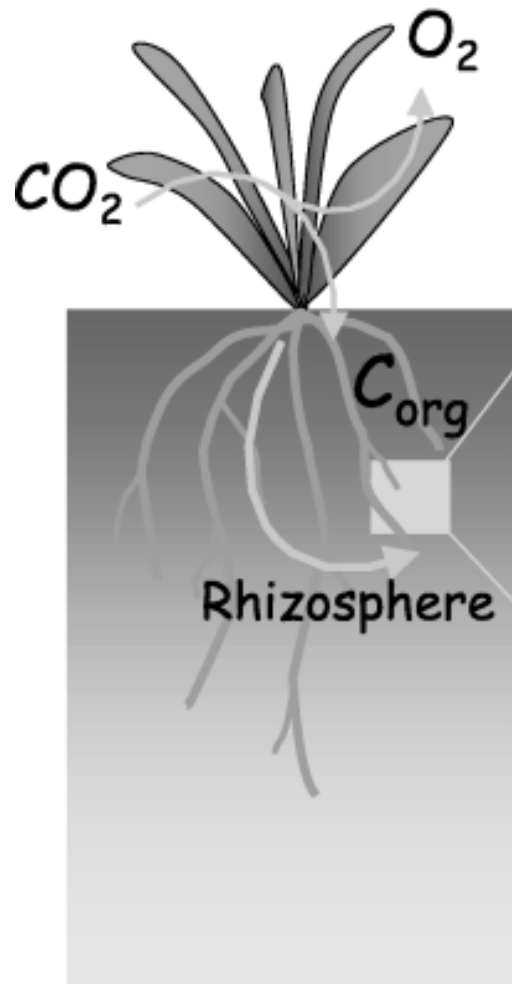
Red= alpha-proteobacteria,
blue= eubacteria
Ø amoebae

α alpha-proteobacteria

red-fluorescent
amoebal cysts

Bonkowski 2004

Interaction plante-microorganismes :



Ecologie microbienne appliquée à la gestion des bioagresseurs du sol par une approche conservatoire de leur biodiversité

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

Severity of a
Soilborne
Disease

=

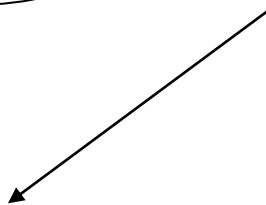
Soil
Inoculum
Potential

X

Plant
Susceptibility

X

Climatic
conditions



Soil
Inoculum
Potential

=

Density of
the
Pathogenic
Populations

X

Innate
Infectious
Capacity of
the
Pathogens

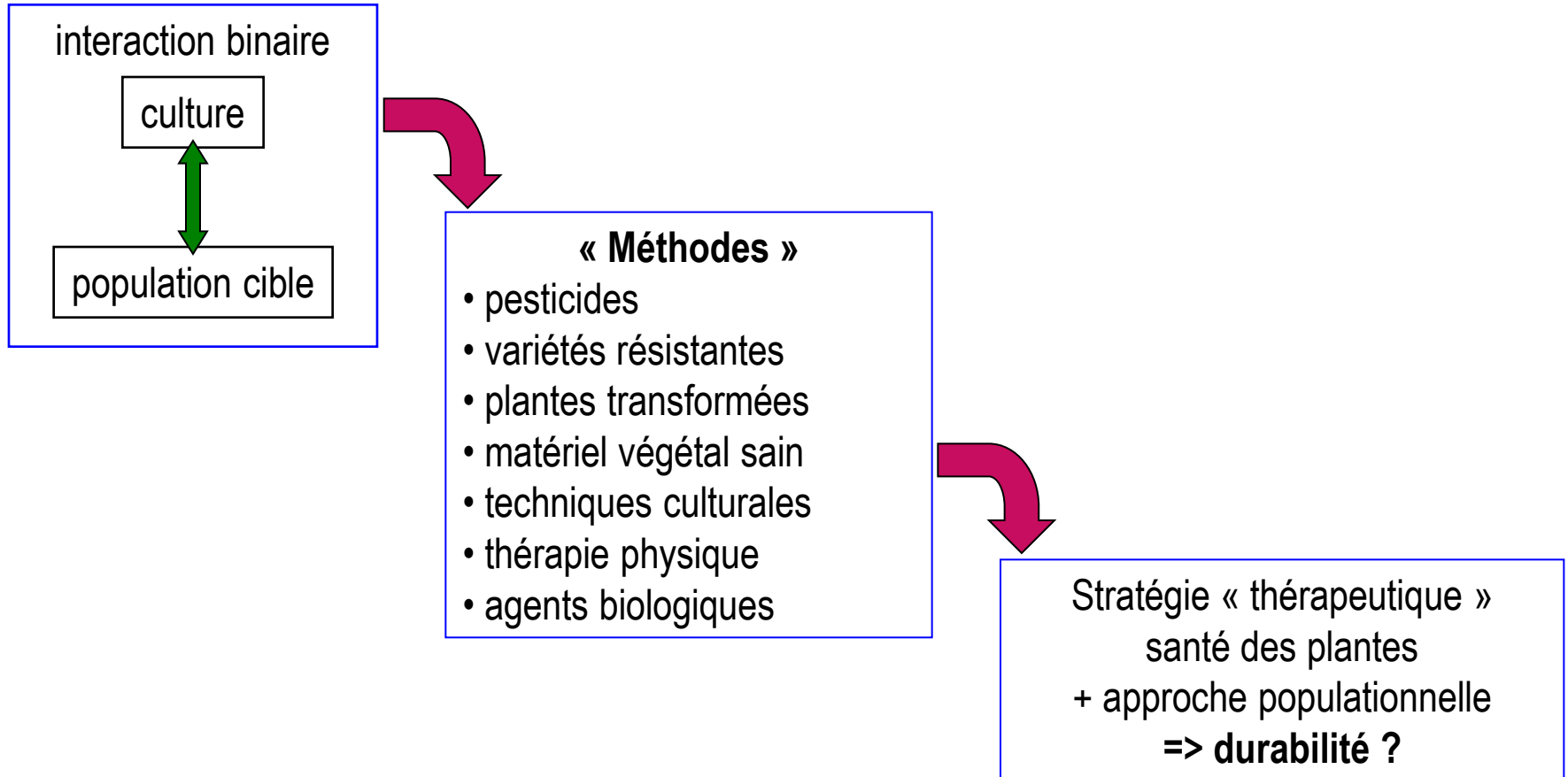
X

Soil
Suppressiveness

X

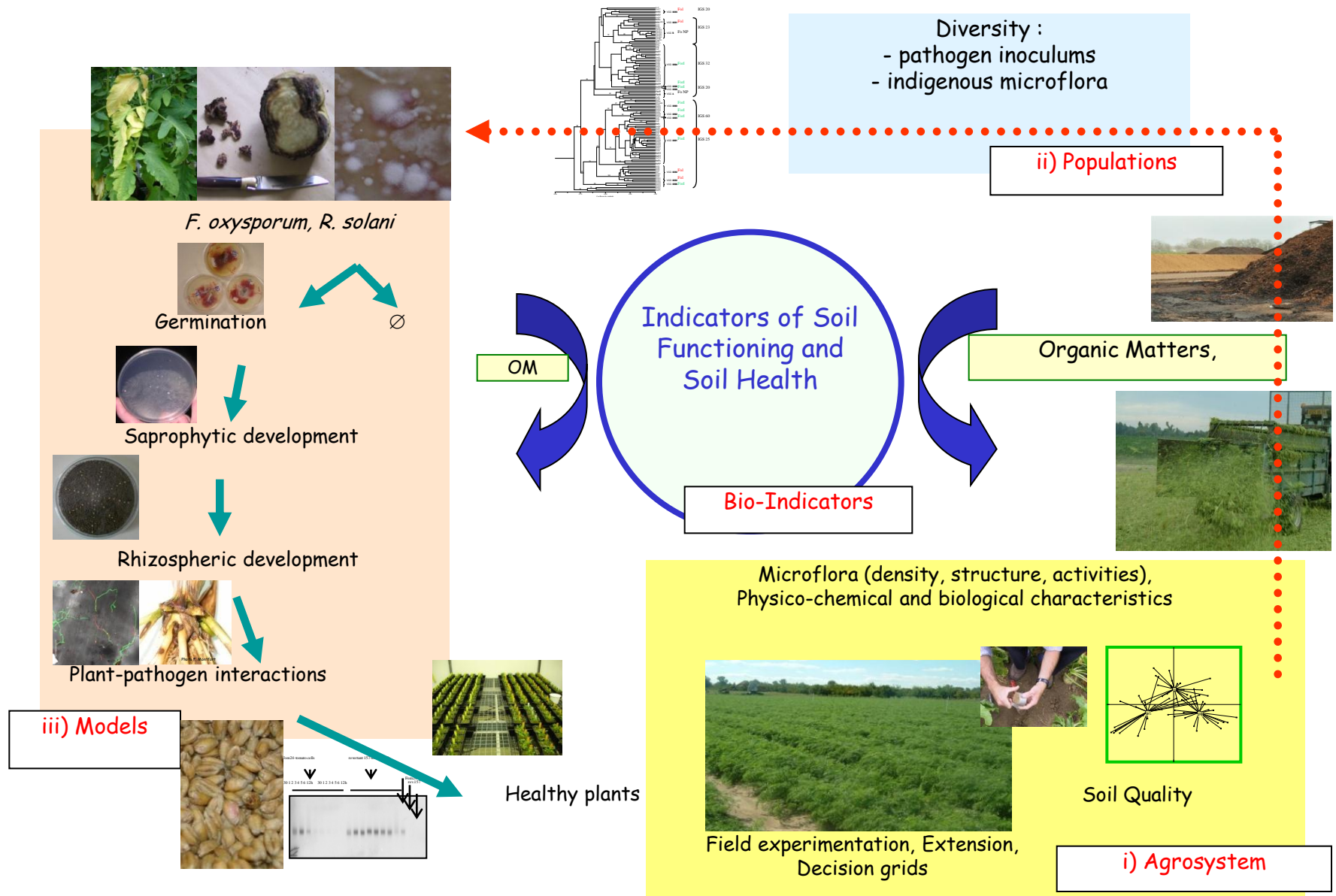
Crop
Management

- Pourquoi les stratégies de gestion ont-elles une efficacité limitée ?



Risques

- créer un vide écologique conséquent (lutte chimique) voire total (BrMe) selon le spectre d'action des molécules.
- créer un vide écologique partiel : lutte spécifique sur quelques bioagresseurs majeurs.
- ⇒ contournement de l'effet des méthodes par autres bioagresseurs ou autres pathotypes (adaptation).
- ⇒ invasion et multiplication autres bioagresseurs (pas de compétition).



Applications potentielles :

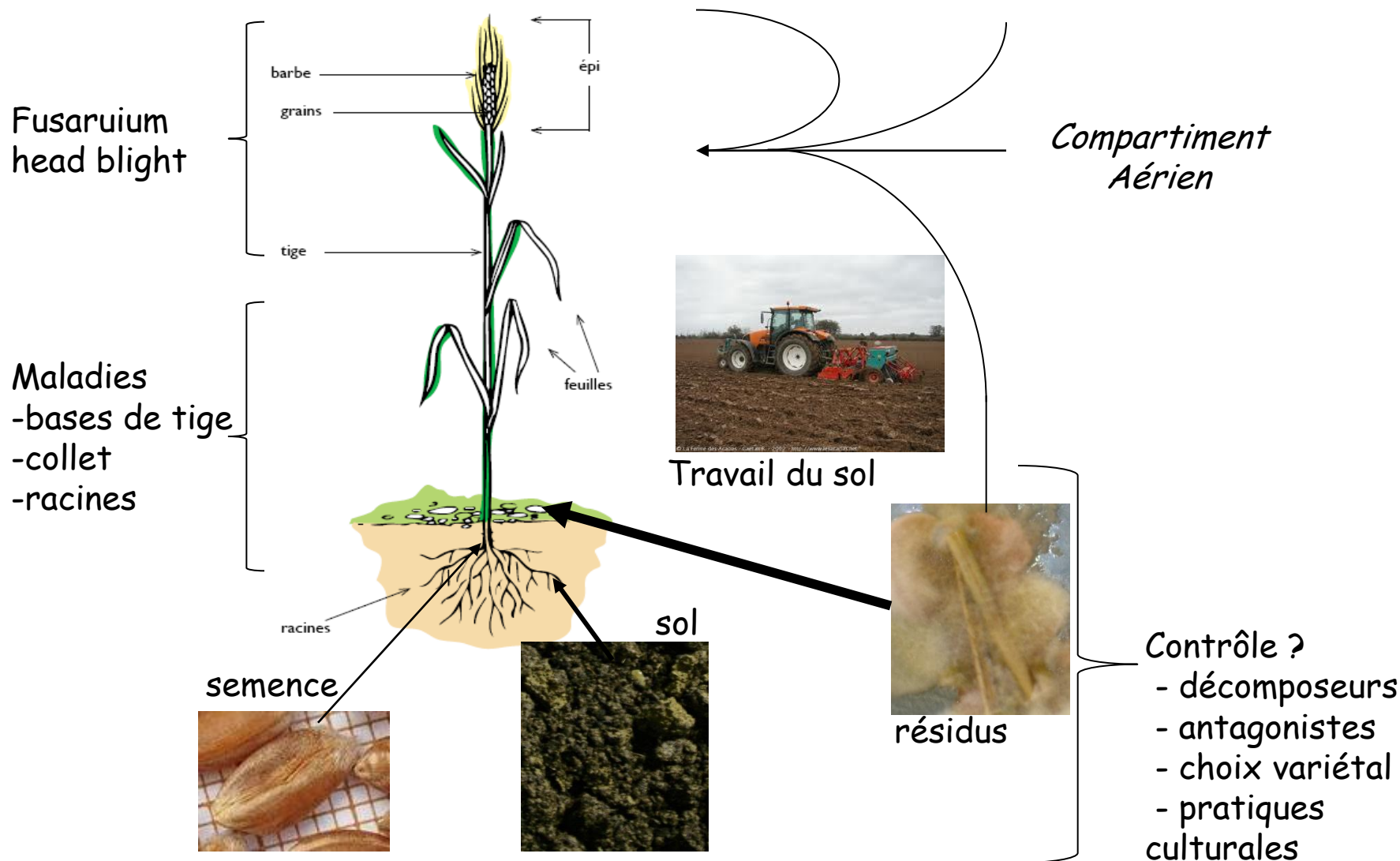


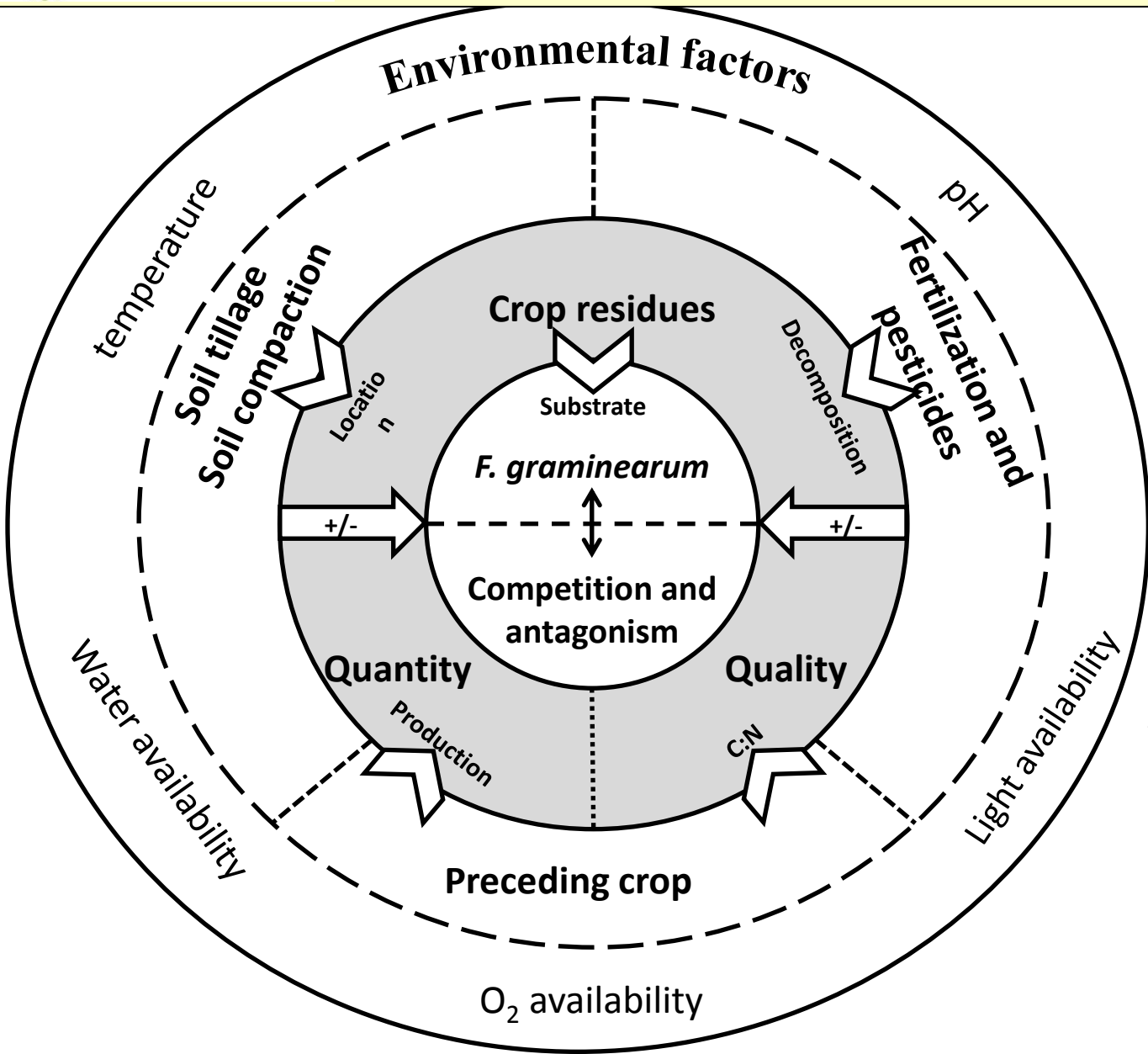
Gestion des **résidus** de culture et **contrôle des inoculum primaires de *F. graminearum*** sur blé

Nature des résidus-mycotoxines-nématodes-vers de terre-champignons-bactéries

Contrôler le développement de ***Rhizoctonia solani*** dans les champs de betteraves: **mobilité des foyers**

Expliquer la cosmétique des pommes de terre et s'interroger sur le bien fondé **de questions sociétales**





Risk assessment



Fusarium graminearum: fusariose du blé



Without straw



Wheat straw

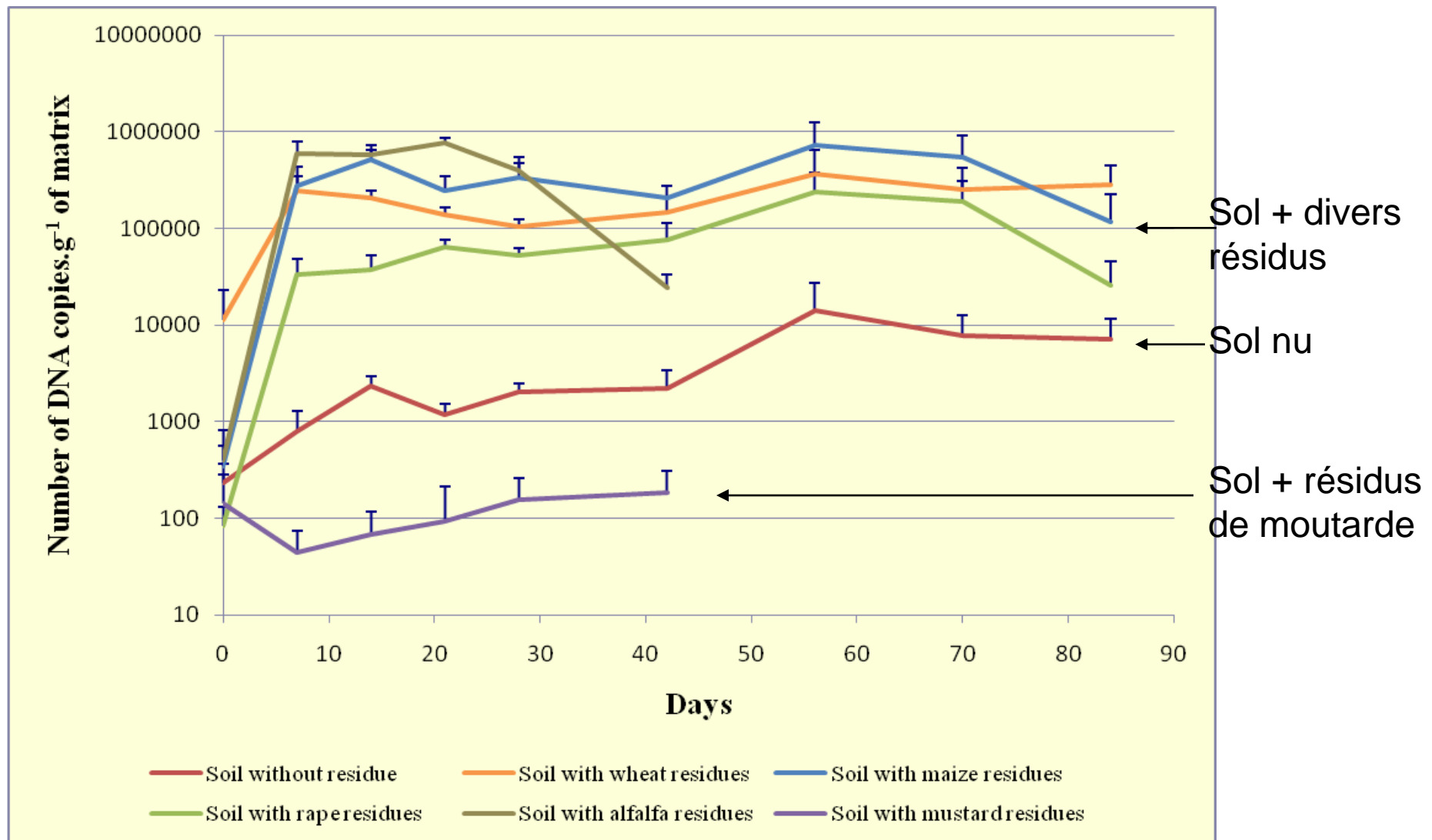


Maize straw

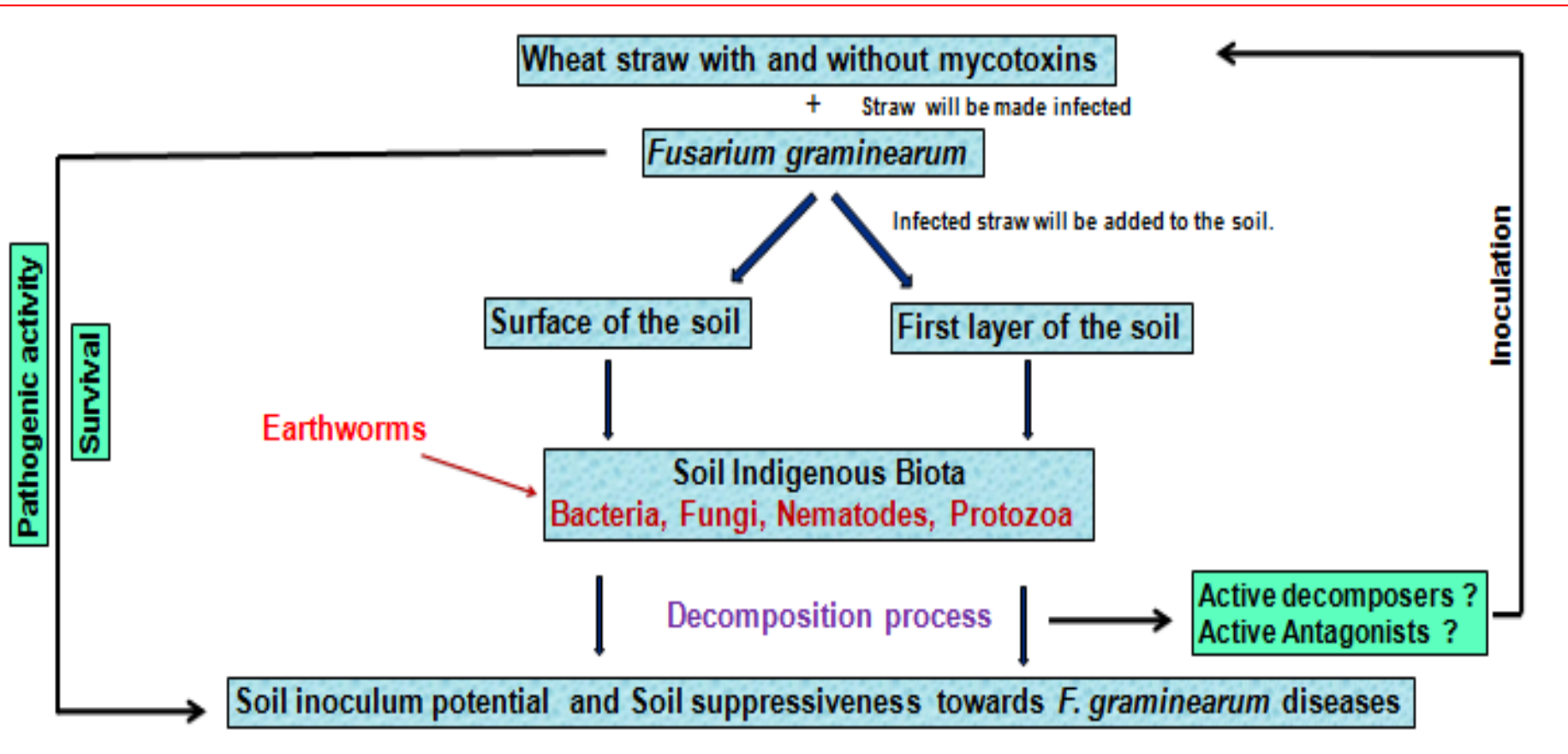


Rape straw

Survie du champignons sur et dans les résidus du précédent cultural



Does deoxynivalenol provide *F. graminearum* a competitive advantage for its survival in crop residues during the decomposition process ?



Conclusion :

Stimuler le développement des décomposeurs naturels et
leur activité de minéralisation avant l'hiver
ou/et

Inoculation de champignons saprotrophes +
Inoculation de bactéries fixatrices libres d'azote

Exemple 2 :

Comprendre pour contrôler le développement
de foyers d'infection de champignons
phytopathogènes

Exemple 3 :

Utilisation de cultures intermédiaires

Contexte :

Les foyers (\emptyset 3-4 m) sont mobiles et ne se développent jamais 2 années consécutives au même endroit

(Anees et al, 2010. Soil Biol. Biochem. 42, 1661-1672)



Abondance *R. solani* (qPCR)



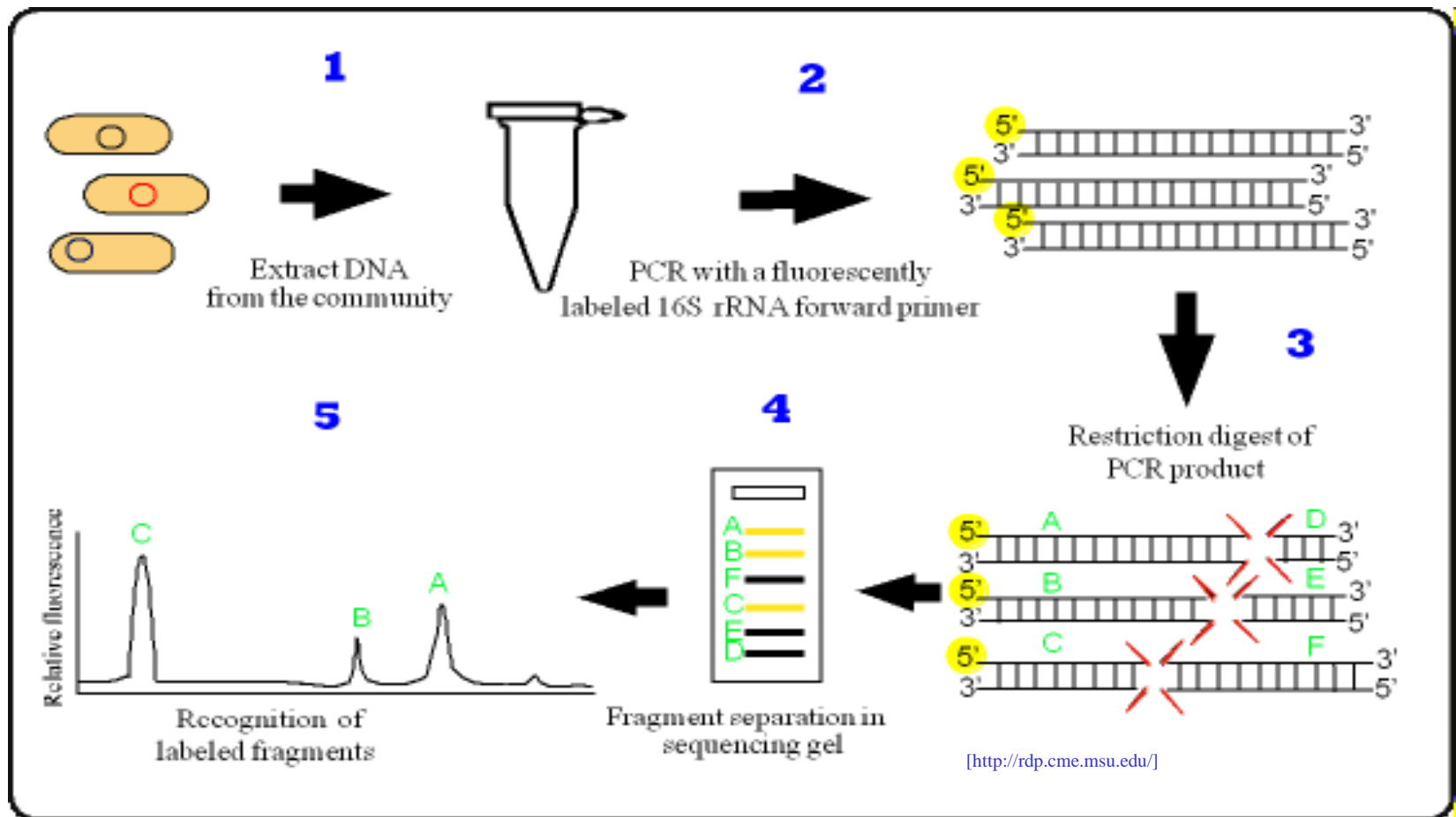
Résistance du sol à la maladie



➤ Structure of microbial communities

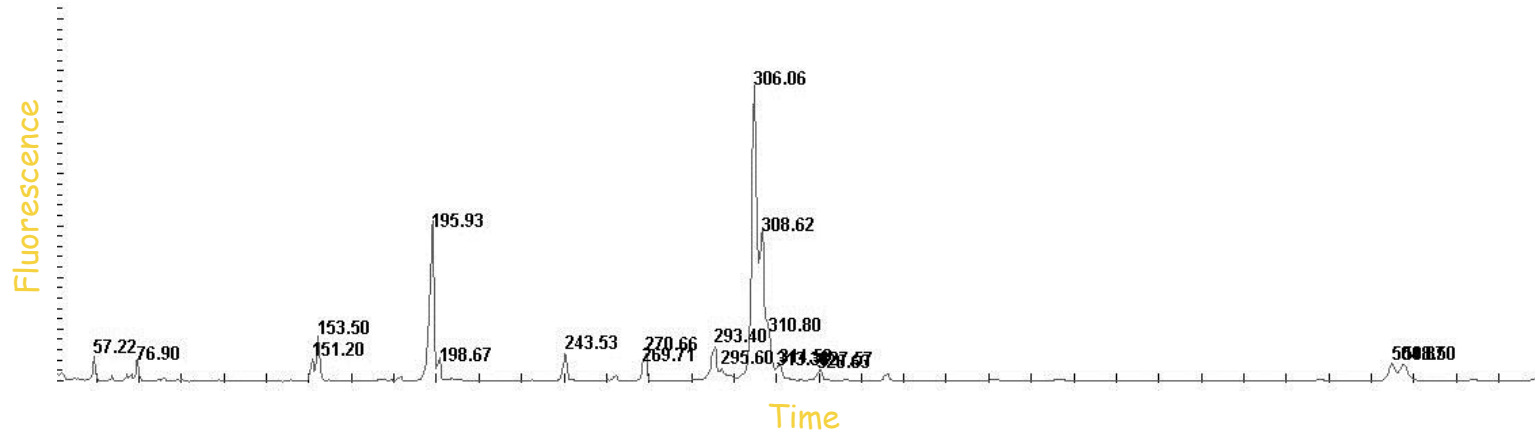
↳ DNA extraction from soil

↳ T-RFLP analysis (terminal restriction fragment length polymorphism)

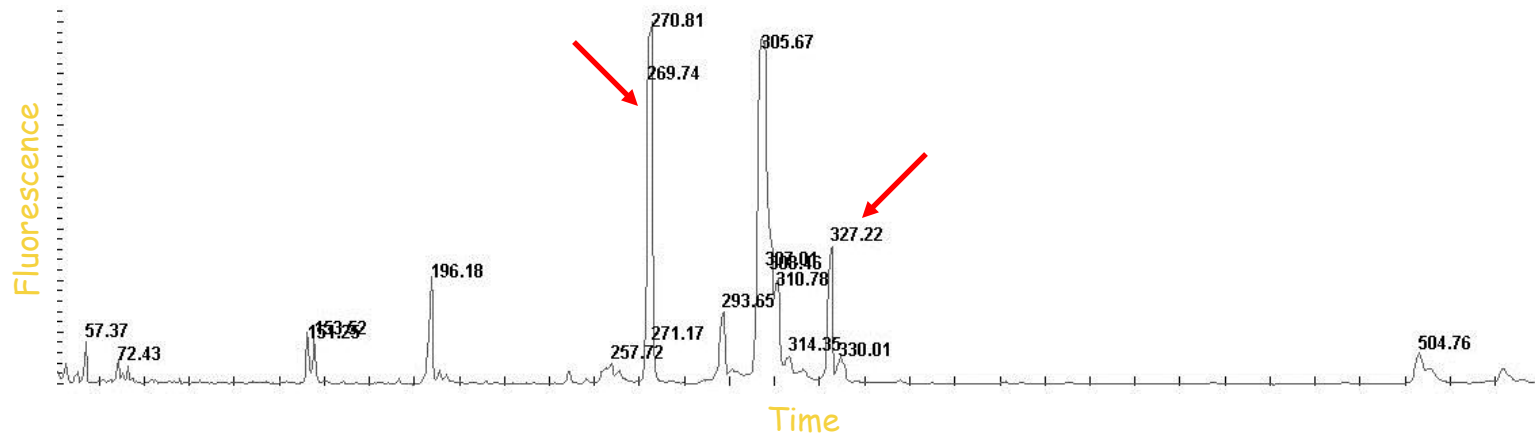


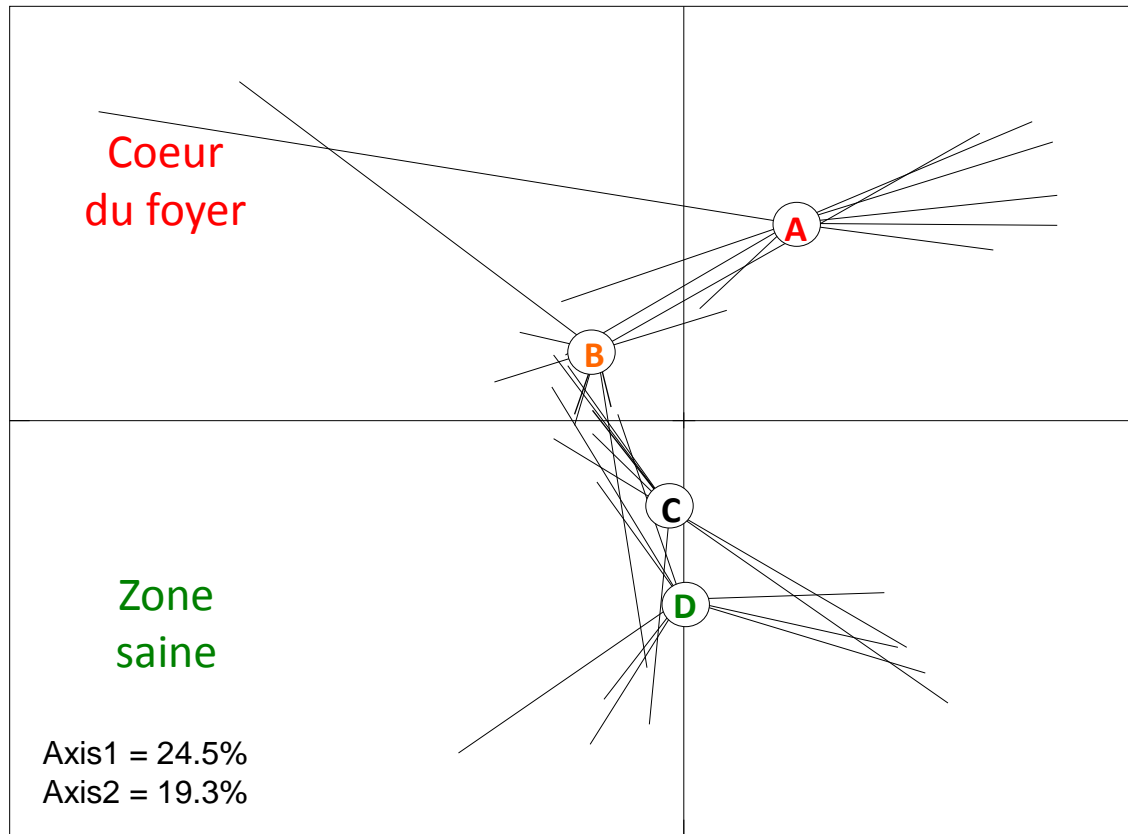
T-RFLP analysis of fungal SSU rDNA

Before organic amendment



After organic amendment





Structure génétique des communautés de champignons (T-RFLP):

- 2 TRF sont dominants en **A (foyer)** et peu représentés en **D (zone saine)**
 - TRF 565 bp → correspond à *R. solani*
 - TRF 581 bp, → correspond aux *Trichoderma* spp

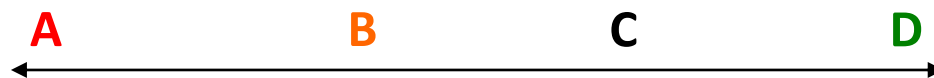
(Anees et al 2010, Eur J Plant Pathol 126, 29-41.)

⇒ Isolement, ⇒ 16 isolats ⇒ identification morphologique et moléculaire (ITS, Tef1- α) ⇒ 4 espèces identifiées



Coeur
du foyer

Zone
saine



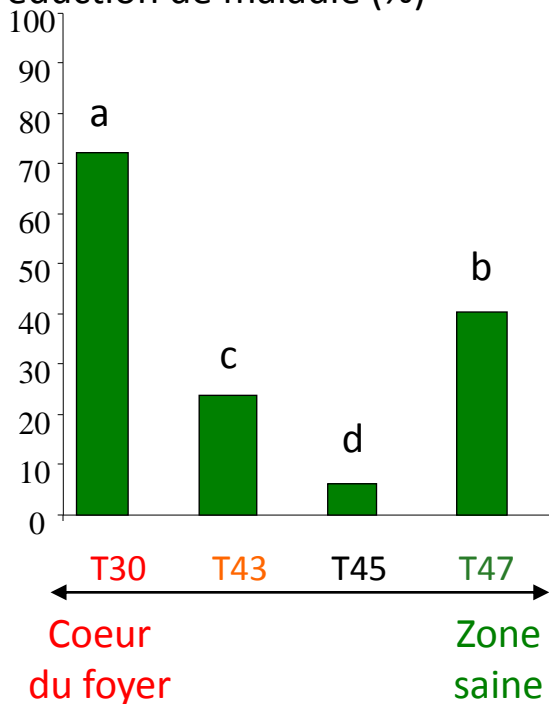
<i>T. gamsii</i> :	T30, T31 T40	T43	T35
<i>T. velutinum</i> :	T41	T42	T44
<i>T. tomentosum</i> :		T32	T33
<i>T. harzianum</i> :			T45

⇒ caractérisation fonctionnelle

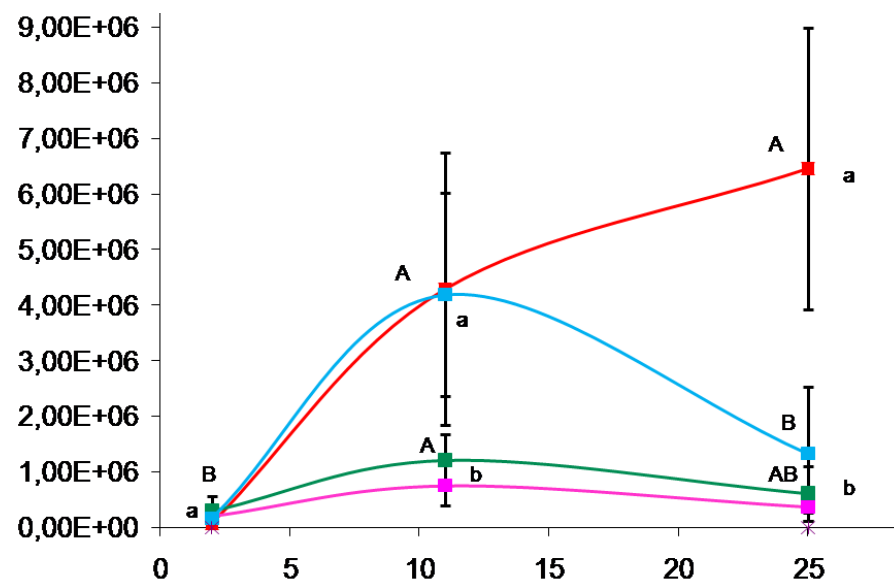
- Antagonisme *in vitro*
- Antagonisme en bioessais



réduction de maladie (%)



Copies d'ADN de *R. solani*/g sol



Rs-T30: 1/0
 Rs-T30: 1/1
 Rs-T30: 1/0.1
 Rs-T30: 1/0.01
 Rs-T30: 0/0

La souche T30 de *T. gamsii* est très efficace quand son abondance augmente en réponse à *R. solani*

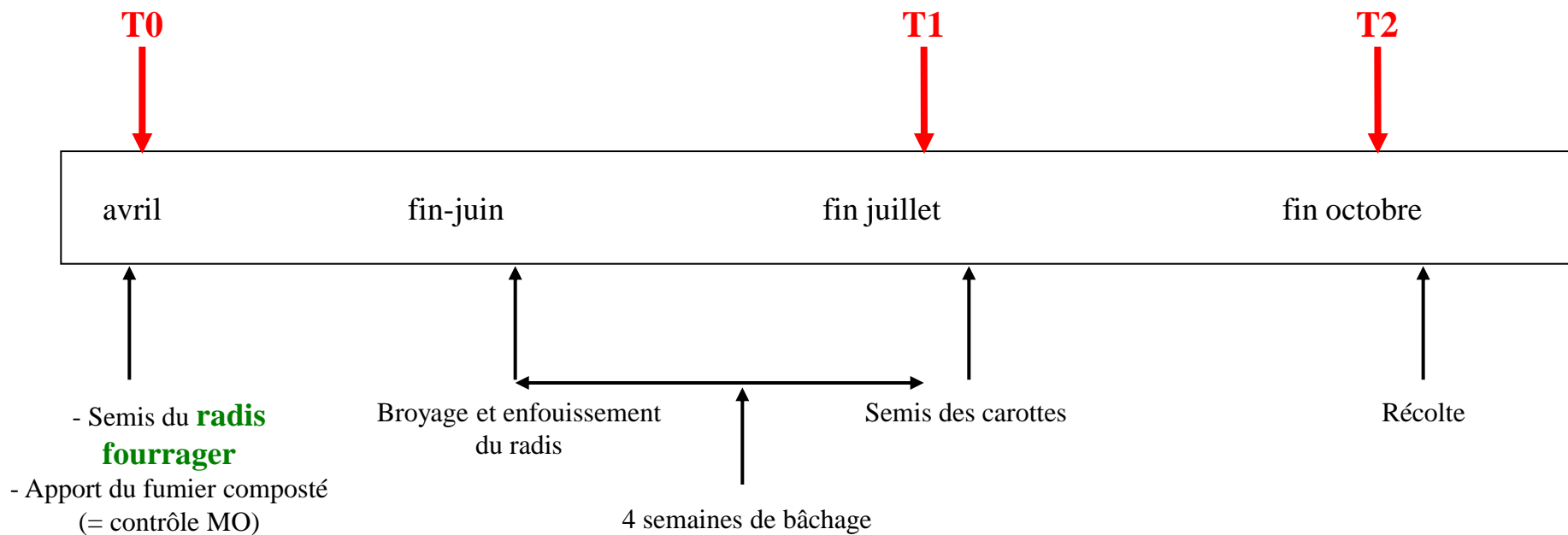
Conclusion : Contrôle du développement de *Rhizoctonia solani* ?

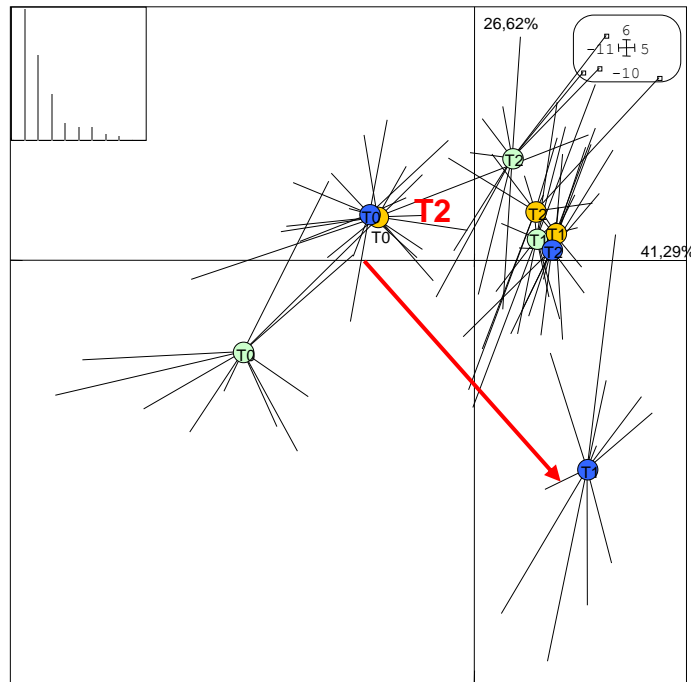
- ⇒ Inoculation de populations de *T. gamsii* sélectionnées:
 - ⇒ pas très réaliste

- ⇒ Introduire une culture intermédiaire sensible et promotrice du développement de populations indigènes de *T. gamsii*
 - ⇒ endives, laitue, ...

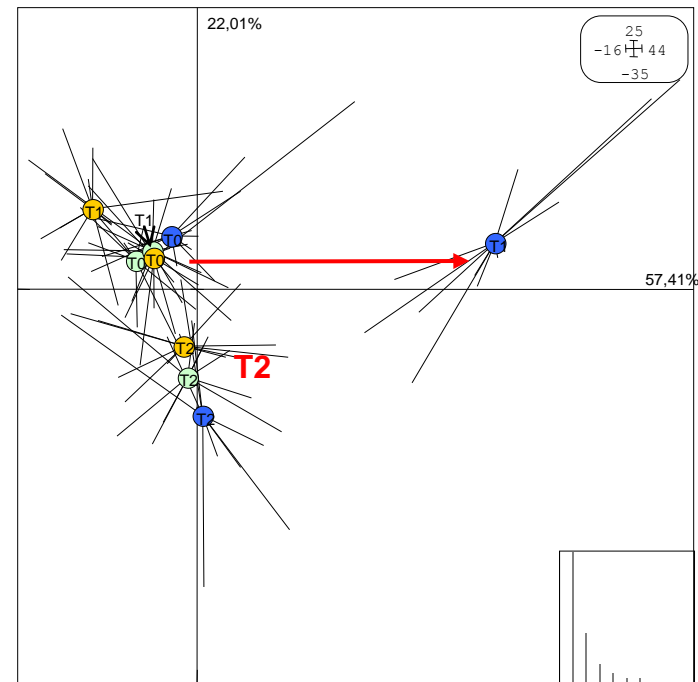
Biodésinfection

par introduction d'une **brassicacée**
= culture intermédiaire dans la rotation maïs -carotte





bactéries

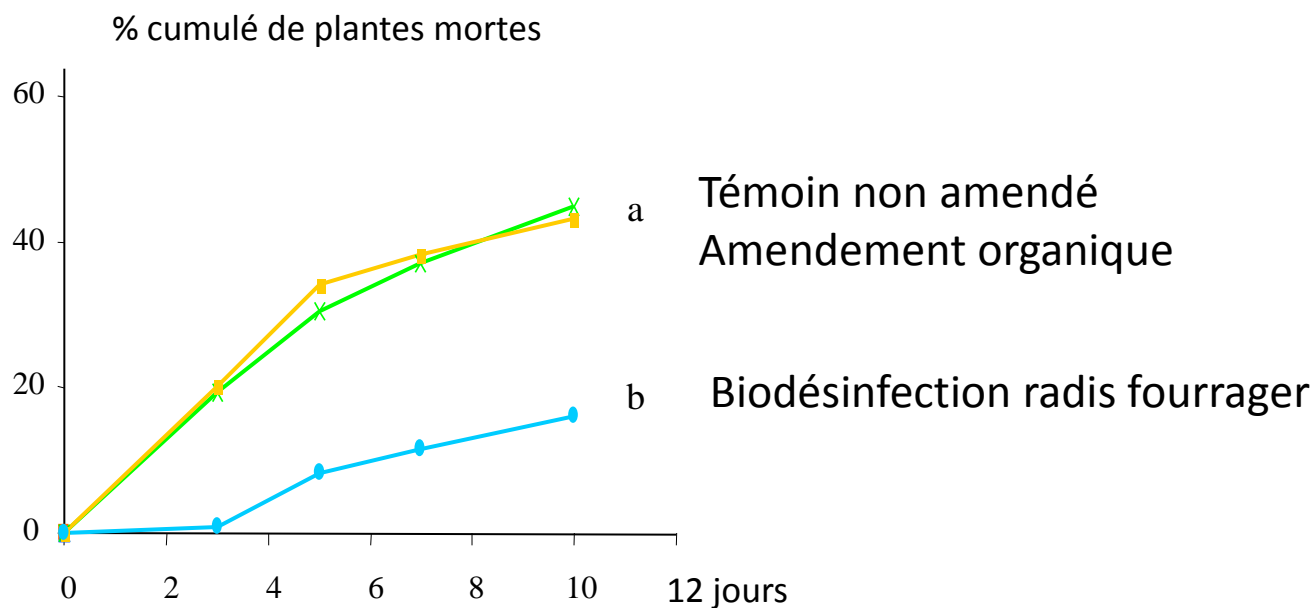


champignons

Janvier 2007; Friberg et al 2009

- ⇒ modification de l'importance relative des différents taxons dans la composition des communautés
- ⇒ retour à une situation homogène (résilience) après la culture de carottes

Diminution de la gravité de la maladie



Conclusion :

La biodésinfection par des *Brassicacées* :

- ⇒ permet de **contrôler à court terme** les agents responsables de fontes de semis et nécroses racinaires sur la culture à venir de carottes et betteraves (champignons, nématodes)
- ⇒ **ne diminue pas, voire augmente** le risque d'attaques pour les cultures suivantes.
- ⇒ nécessité de **combinaison de plusieurs stratégies** (biodésinfection + inoculation de BCA)

Le remède universel contre les agents pathogènes
n'existe pas

utilisation de composts ?

	V. dahliae	R. solani - cauliflowe	P.nicot-tomato	P. cinnamomi-lupin	Cylindrocl-adium spatiphylli	R. solani-pine	F. oxysporum flax
composts							
GR 6	14,52	-87,29	0,00	23,81	24,14	83,51	2,08
dec01	-21,37	57,80	52,17	-24,26	-27,90	0,87	64,17
GR5	31,73	0,00	--	-3,20	-11,54	15,35	58,23
dec02	-15,36	49,74	17,39	-3,47	-28,00	20,97	70,52
Utrecht 0303	1,28	68,03	28,99	-17,33	-18,53	-11,33	67,21
CO 7	34,76	32,10	14,49	48,53	-48,84	8,44	65,18
CO 16	31,47	35,29	58,82	-28,57	1,55	1,77	63,81
GR3a	38,05	11,90	--	61,30	-11,54	1,09	63,07
CO2	87,23	28,57	--	9,70	-23,08	-7,05	71,94
BOM 0303	-24,46	66,37	23,19	-20,80	63,54	29,92	65,81
GR3b	59,41	-4,24	2,94	71,43	23,81	4,48	47,89
1.02Ba	86,46	47,62		3,20	19,23	-0,88	45,66
CO 4	32,88	2,35	2,94	38,10	32,41	92,65	56,07
1.02S	74,03	50,00		3,20	34,62	-1,70	66,71
IS BS	-2,11	67,77	5,80	58,93	22,46	57,04	68,13
8.1S	86,25	38,10		3,20	53,85	-1,36	63,33
CO 17	52,96	8,47	91,18	57,14	47,38	4,92	32,85
CO 14	49,88	-10,12	67,65	47,62	100,00	27,24	65,86

Origine des altérations superficielles des tubercules de pomme de terre.

Thèse Marie Fiers 2010

- Exigences des marchés sur la qualité des produits alimentaires
 - Qualité gustative et culinaire
 - Qualité sanitaire
- Les pommes de terres sont lavées
- L'état sanitaire des plants est contrôlé et certifié



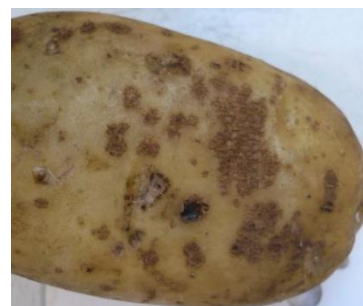
Typiques



Sclerotia



Common scab



Netted scab



Enlarged lenticels

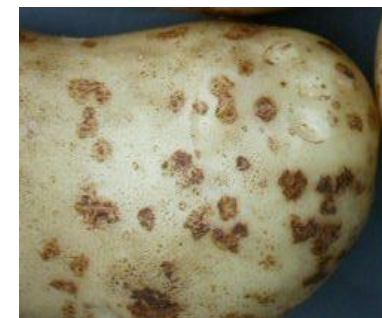
Atypiques



Polygonal lesions



Corky cracks



Corky spots



Star-like corky lesions with or without halo



Russetting



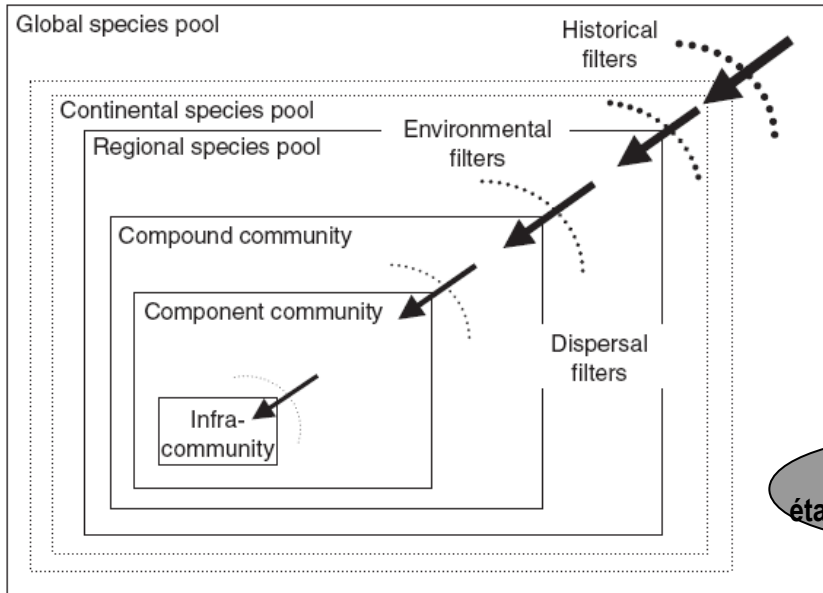
Skinning

Gros sur la patate ?

CONCLUSION GENERALE

Les communautés microbiennes sont des indicateurs de la qualité phytosanitaire et du bon fonctionnement biologique des sols

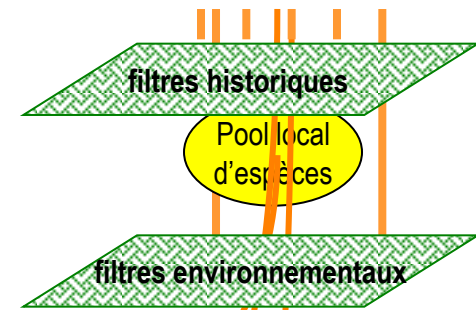
a- comprendre les processus d'assemblage des espèces (ou assimilées) ⇒ **traits de réponse**



⇒ analyser la réponse à l'acte anthropique

Ecosystème
état & fonctionnement

Traits d'effet

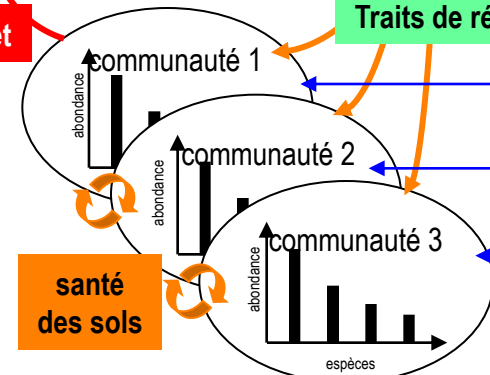


Traits de réponse

végétaux

bioagresseurs

auxiliaires



santé
des sols

b- gestion de la pathogénicité par celle de la diversité
(traits d'effet)

⇒ **Multitrophic interactions (IOBC)**

Conclusion (suite)

- réaliser des analyses **métagénomiques** de la microflore (bactérienne et fongique) d'origine tellurique afin

-identifier les groupes microbiens **bénéfiques**,

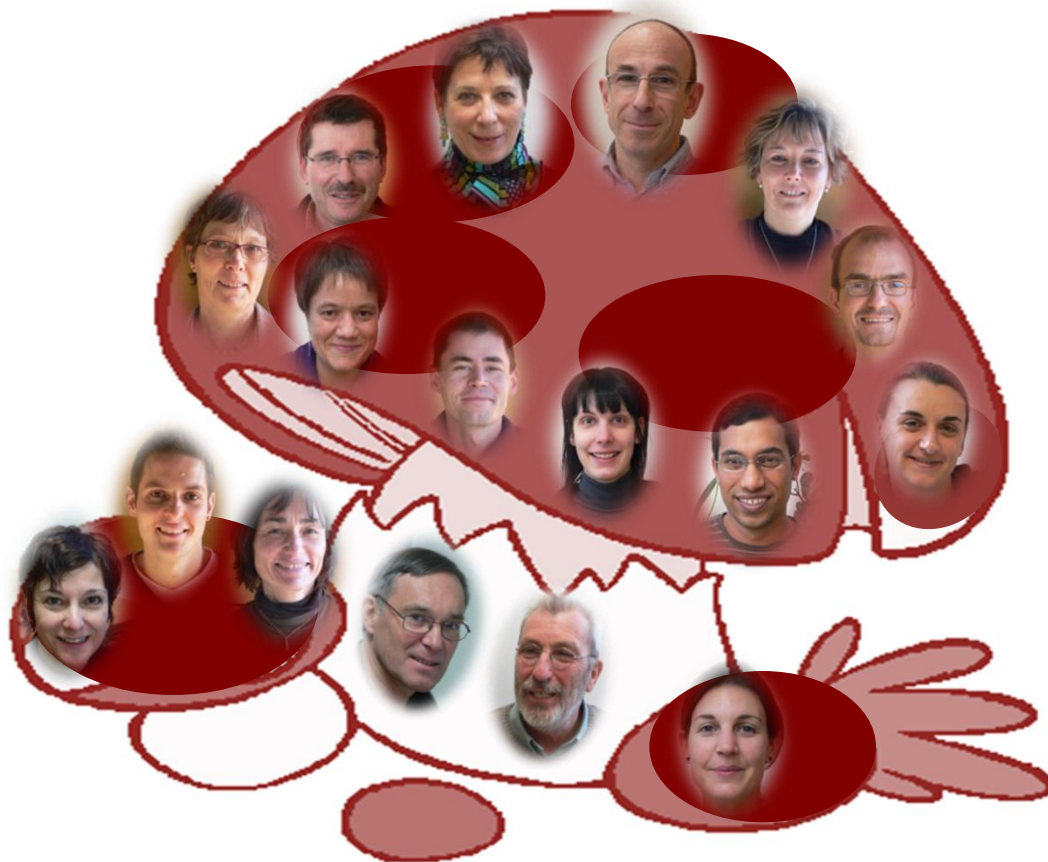
-définir des indicateurs de la **qualité** et du **risque phytosanitaire** du sol

-**orienter la structure** des communautés microbiennes (et de la **micro-méso-macrofaune**) en faveur des bénéfiques de telle sorte qu'elles confèrent au **sol un caractère suppressif de la maladie (sol résistant!)**.

Merci de votre attention



Centre Microbiology of Soil and Environment
INRA-Dijon, France



<http://www2.dijon.inra.fr/umrmse/spip.php?article13>

http://www.iobc-prs.org/expert_groups/10_wg_multitrophic_interactions.html