



Les 6^{es} Rencontres
du Végétal
Angers, 10/11 janvier 2011

Session : Production légumière
et ornementale de pleine terre

Nouveaux concepts de gestion des bioagresseurs du sol par approche conservatoire de leur biodiversité



Mateille, T.
Tavoillot, J.
Martiny, B.



Invenio
Rulliat, E.



Steinberg, C.
Edel-Hermann, V.
Gautheron, N.
Héraud, C.

1. Contexte

- le sol, milieu complexe et vivant, réservoir de biodiversité
- les points de vue sur la biodiversité : agronomique / écologique / socio-politique

2. Risques des stratégies agronomiques dans un contexte de biodiversité

e.g. lutte biologique, composts

3. Incidence de la diversité des bioagresseurs sur la production végétale (traits d'effets)

- diversité fongique et diversité végétale
- diversité bioagresseurs et fonctionnalités du système

4. Réponses de la diversité des bioagresseurs aux milieux (traits de réponse)

- réponse à l'anthropisation
- réponses à l'usage des sols

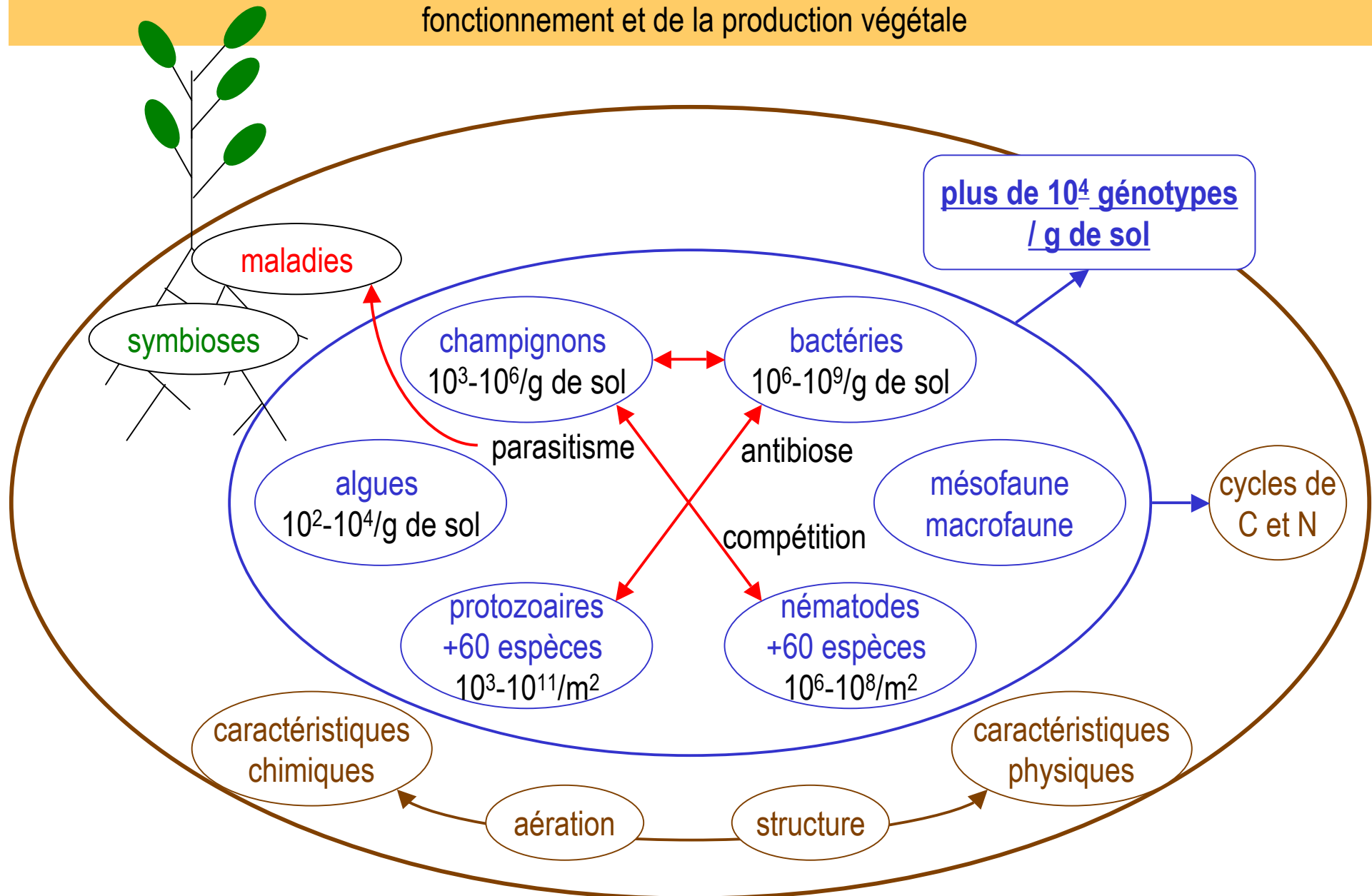
5. Prospective : repenser la gestion des bioagresseurs à la lumière des concepts d'écologie des communautés

6. Une application de recherche : l'agrosystème forestier des Landes de Gascogne

1. Contexte :

le sol

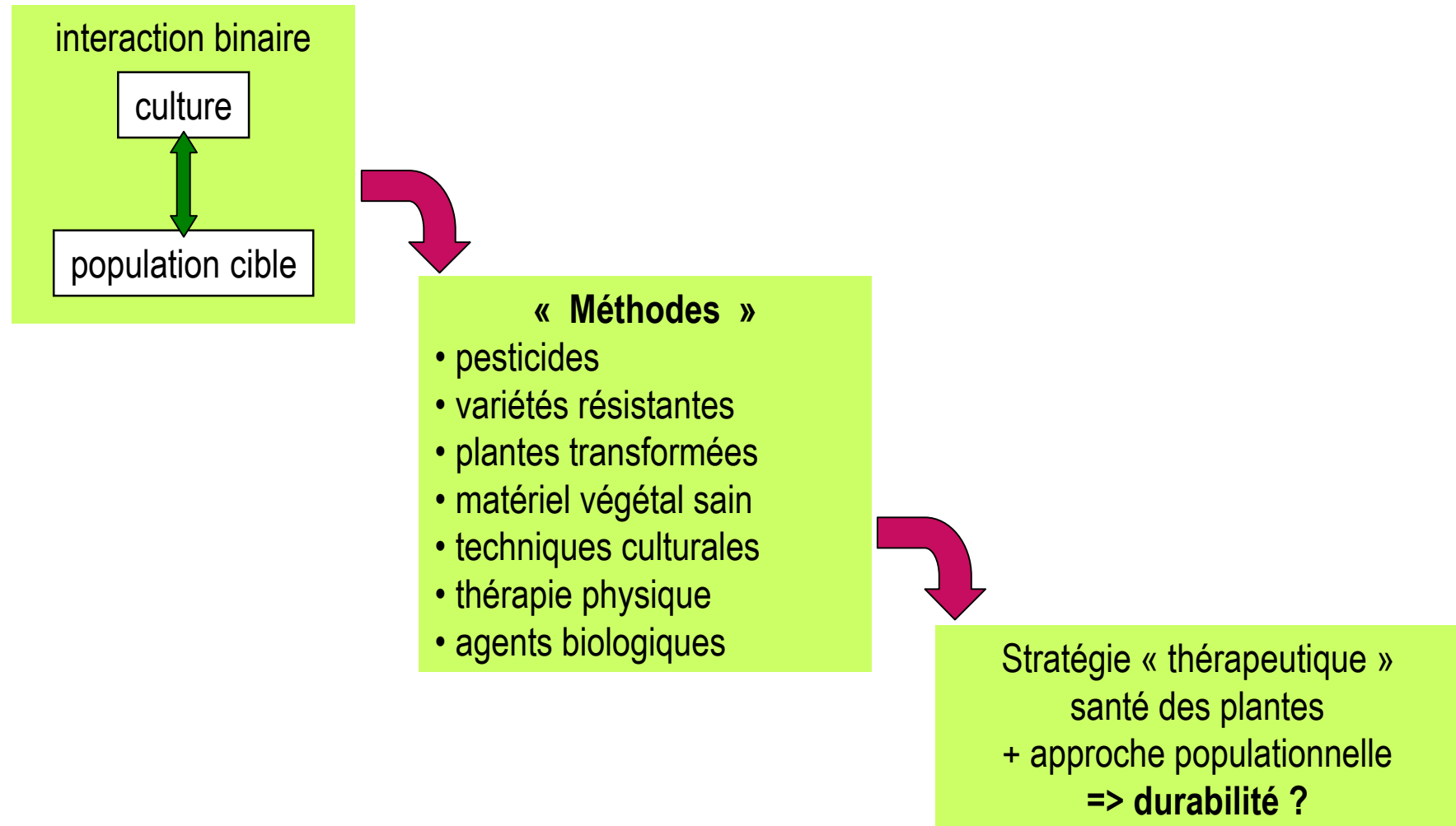
un milieu complexe, réservoir de biodiversité et siège d'interactions multitrophiques responsables de son fonctionnement et de la production végétale



1. Contexte :

les points de vue sur la biodiversité

- **agronomique** : pourquoi les stratégies de gestion ont-elles une efficacité limitée ?



Lutte chimique



Traitement insecticide aérien



Traitement nématicide du sol

Résistance variétale



Pyrale (larve) / maïs



Nématodes / carotte

Lutte biologique



Coccinelle (larve) / pucerons



Bactérie / nématode

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).

- **écologique** : place des bioagresseurs dans le réseau trophique tellurique ? Fonction ?

Qualités des sols

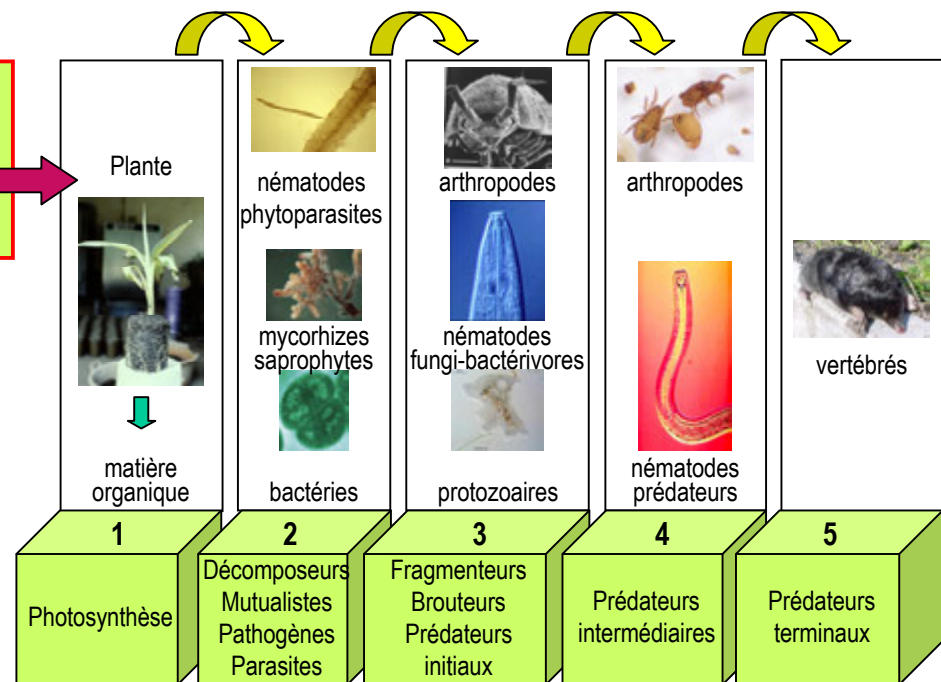
Propriétés physiques
 Propriétés chimiques
 Propriétés **biologiques**

- 4 domaines
- . fertilité
 - . **état sanitaire**
 - . impact sur l'environnement
 - . résilience

Santé des sols

- 3 domaines
- stabilité : résistance / résilience
 - **forte diversité biologique**
 - cycles importants de nutriments

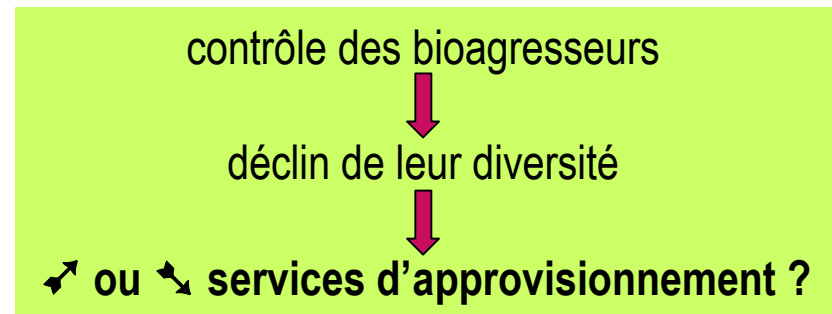
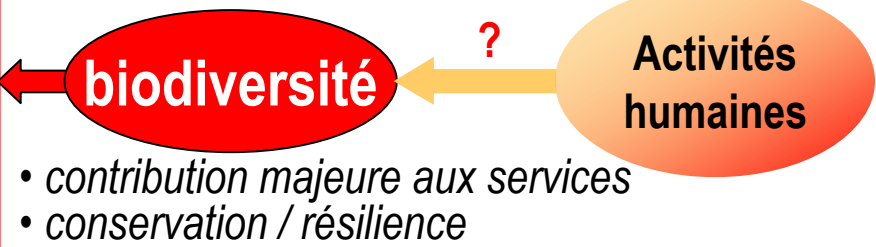
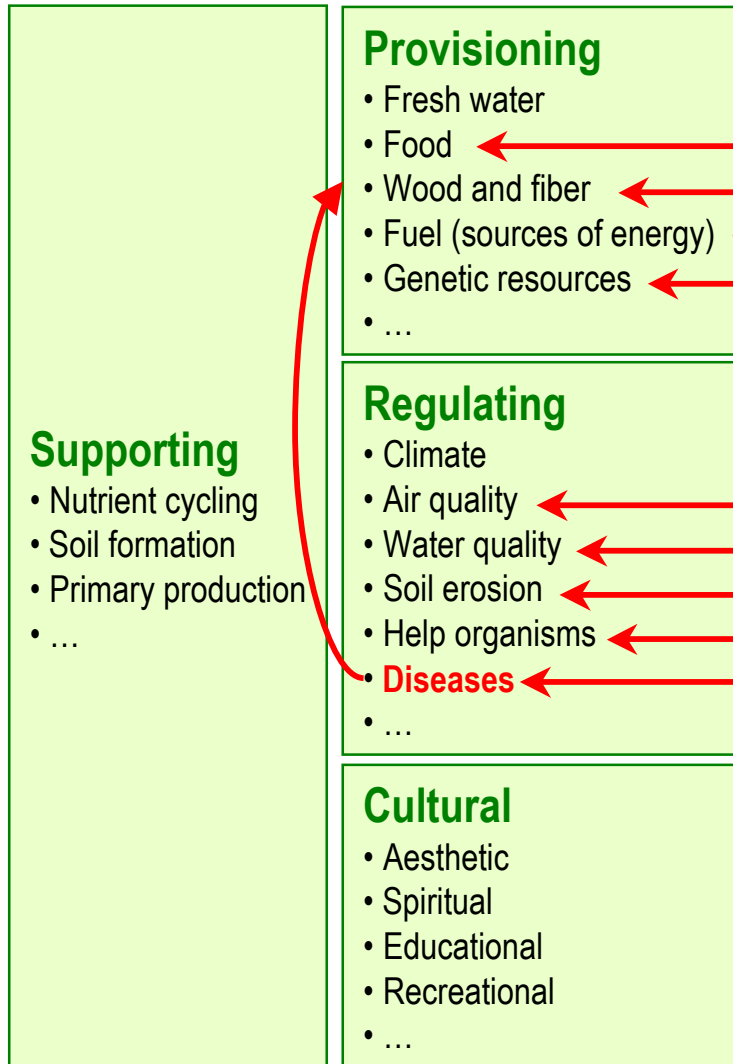
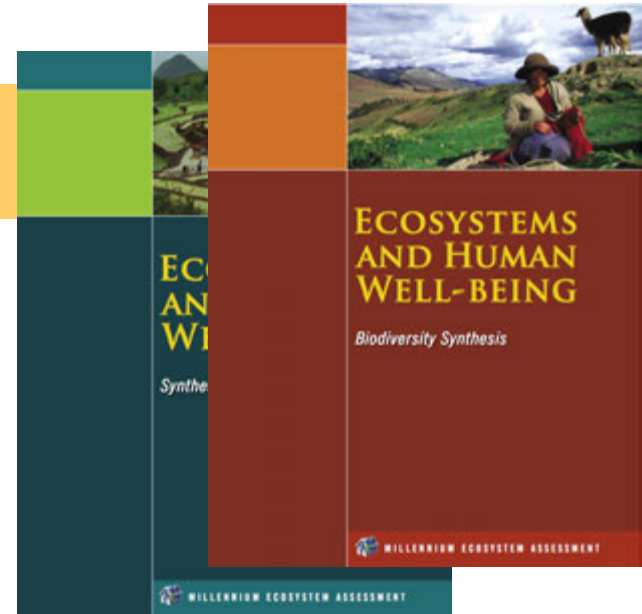
Réseaux trophiques



- **socio-politique** (gestionnaires / décideurs) :
 => biodiversité <=> services écosystémiques ?

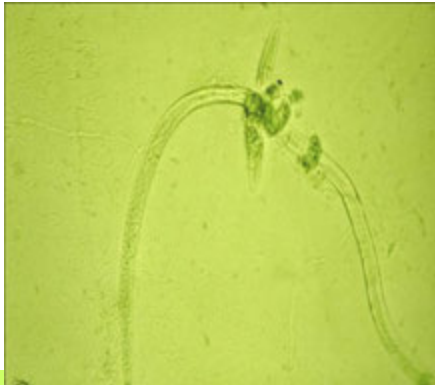


www.MAweb.org



2. Risques des stratégies agronomiques dans un contexte de biodiversité

- lutte biologique



Juveniles de Meloidogyne spp. (%)
« piégés » par Arthrobotrys oligospora
Duponnois et al., 1996

Souche	<i>M. mayaguensis</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. javanica</i>
S 30	78 a	65 a	0
S 31	82 a	70 a	20
S 42	82 a	60 a	0
BF 10	10 c	4 b	0
BF 74	9 c	2 b	0
BF 80	14 c	2 b	0
SOSU 2	8 c	16 b	0
ORS 18690 S2	11 c	0	0
ORS 18690 S5	26 b	3 b	0
ORS 18692 S7	74 a	0	0

- les agents de lutte biologique n'ont pas de spectres d'action universels.
- il s'agit souvent d'interactions spécifiques liées à des caractéristiques de souches et non pas d'espèces et quelquefois dépendantes de l'environnement biotique et abiotique.
- cela est vrai aussi pour le contrôle des champignons phytopathogènes (Anees *et al.*, 2010).

- composts

Patho-systems	<i>V. dahliae</i>	<i>R. solani</i> - cauliflowe	<i>P. nicot</i> - tomato	<i>P. cinnamomi</i> - lupin	<i>Cylindrocl</i> - <i>-adium</i> spatiphylli	<i>R. solani</i> - pine	<i>F. oxysporum</i> 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

• tous les composts ne s'équivalent pas et tous les pathosystèmes ne répondent pas de la même manière à tous les composts.

risque de stimuler un bioagresseur en voulant en contrôler un autre (Termorshuizen *et al.*, 2006).

Diversité des réponses des composantes biotiques aux différents stress abiotiques, d'origine anthropique notamment :

⇒ Nécessité de bien connaître les mécanismes (exigences écologiques des bioagresseurs) impliqués dans les interactions binaires pour expliquer et contrôler le développement et l'activité infectieuse des bioagresseurs.

⇒ Nécessité de raisonner localement en fonction de la connaissance de l'interaction .

3. Incidence de la diversité des bioagresseurs sur production végétale → Traits d'effets

- diversité des bioagresseurs et fonctionnalités du système (ici : suppression de la maladie)

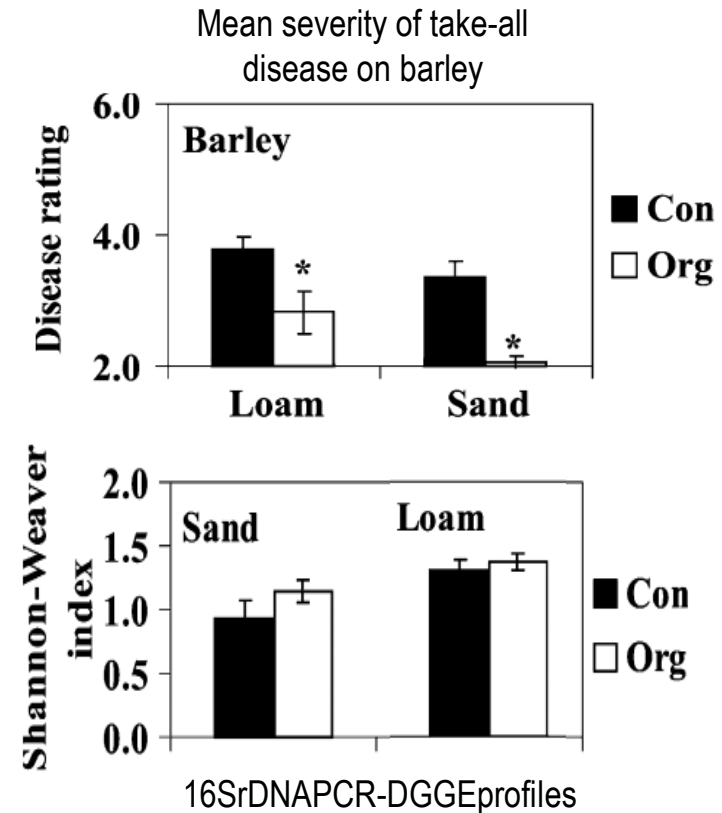
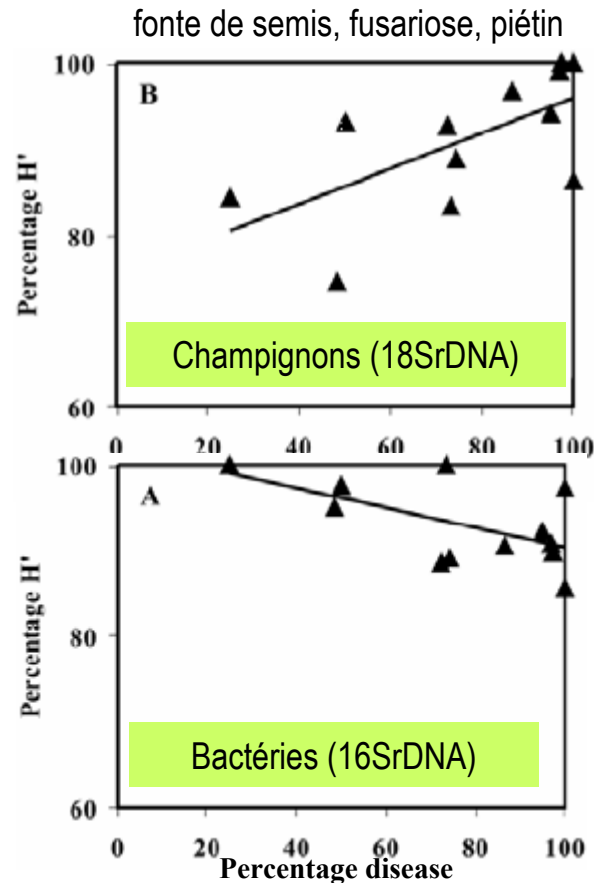
a - Résistance à la maladie de sols cultivés en choux de bruxelles, orge ou leur mélange et d'un sol cultivé en triticale, trèfle blanc ou leur mélange.

Location	Crop	<i>R. solani</i>	<i>F. oxysp.</i> f.sp.lini	GGT
AB	Brussels sprouts	75.3	11.1 ^{ab}	4.7
	Barley	57.1	9.5 ^a	3.9
	Mix	56.4	11.3 ^b	4.2
WH	Brussels sprouts	104.9	10.6 ^a	3.7
	Barley	109.0	8.8 ^b	1.6
	Mix	86.2	10.5 ^a	3.3
BSW	Triticale	46.8	10.1	3.6
	White clover	56.3	9.9	4.2
	Mix	42.7	10.6	3.3

⇒ acquisition de résistance vis-à-vis de la fusariose uniquement dans le cas d'un précédent orge mais pas avec les autres pathosystèmes, ni les autres types de culture (simples ou mixtes) => pas de généralisation possible.

- diversité bioagresseurs - fonctionnalité du système (ici : suppression de la maladie)

b - Relation diversité taxonomique-suppression de la maladie



⇒ résultats contradictoires pour des cultures mixtes (diversité microbienne) selon les pathosystèmes : *Fusarium-lin*, *Rhizoctonia-carotte*, *G. graminis* var *tritici*-blé orge (Hiddink *et al* 2005a).

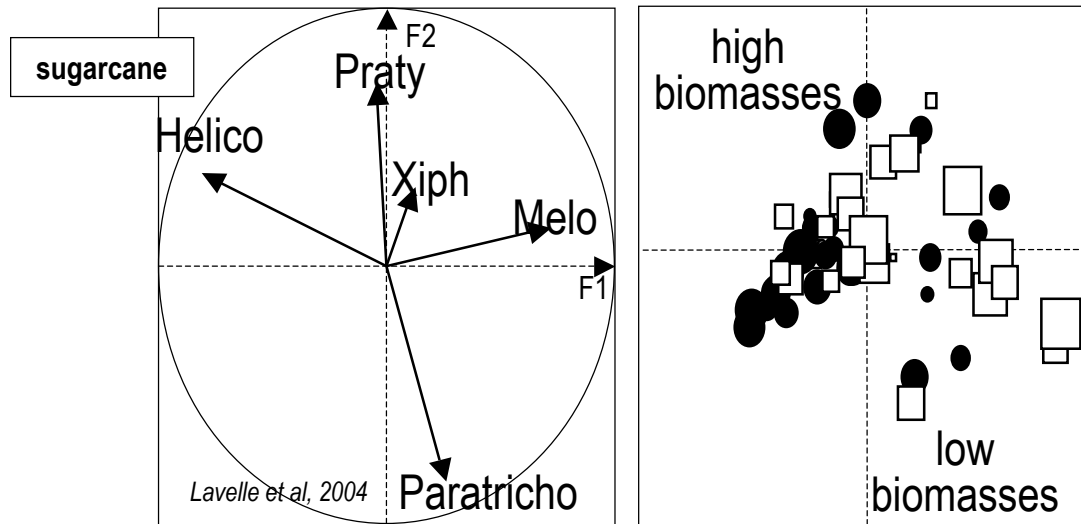
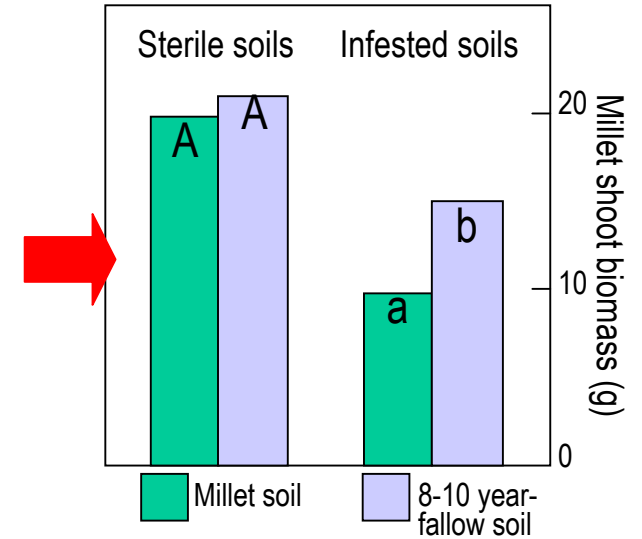
⇒ par contre les conditions de cultures (organiques vs conventionnelle) seraient plus déterminantes à la fois sur la diversité et l'activité, conduisant à une sévérité moindre de la maladie (Hiddink *et al* 2005b).

- diversité bioagresseurs - fonctionnalité du système (ici : production végétale)

nématodes phytoparasites

Mil	Jachère		
	1-3 années	8-10 années	18-20 années
<i>Scutellonema cavenessi</i>	<i>S. cavenessi</i>	<i>S. cavenessi</i>	
<i>Tylenchorhynchus gladiolatus</i>	<i>T. gladiolatus</i>	<i>T. gladiolatus</i>	<i>T. gladiolatus</i>
	<i>T. mashhoodi</i>	<i>T. mashhoodi</i>	<i>T. mashhoodi</i>
		<i>Helicotylenchus dihystra</i>	<i>H. dihystra</i>
		<i>Pratylenchus pseudopratensis</i>	<i>P. pseudopratensis</i>
			<i>Gracilacus</i> sp.

Cadet & Floret, 1999



L'accroissement de la richesse spécifique n'affecte pas la production végétale.
La structure de la communauté détermine la production végétale.

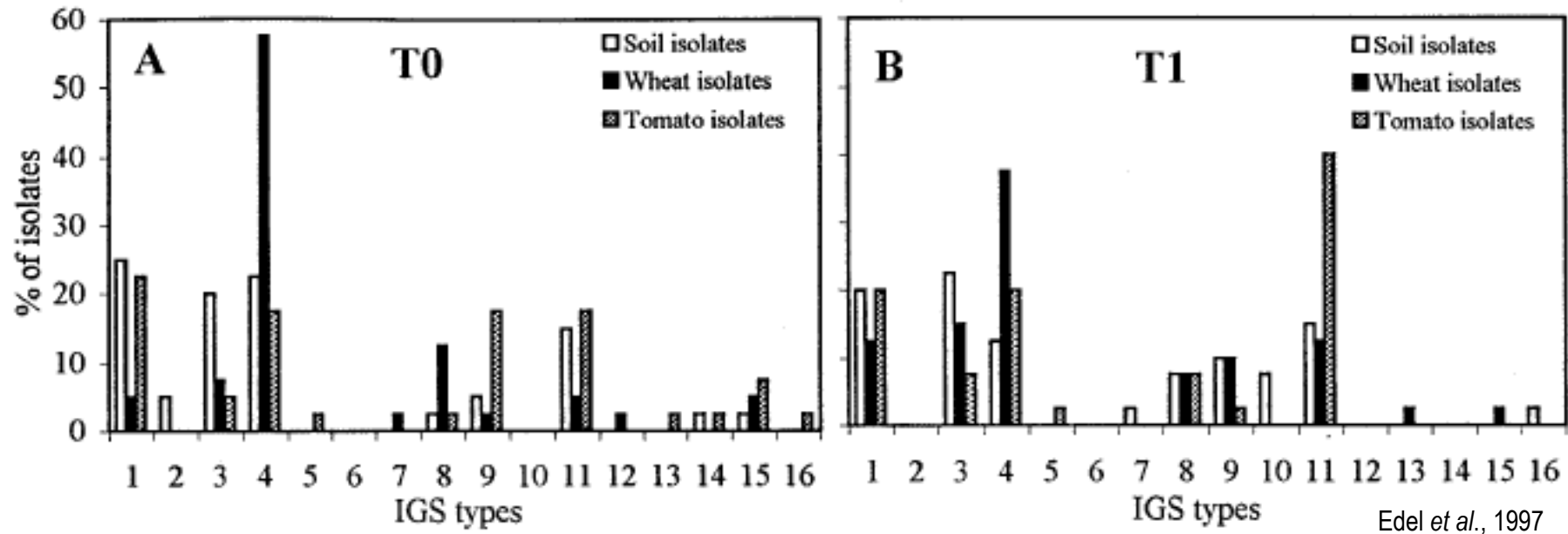
4. Réponse de la diversité des bioagresseurs aux milieux

→ Traits de réponses

- réponses à l'anthopisation

diversité microbienne

sélection-adaptation



Diversité infraspécifique de *F. oxysporum* dans le sol non cultivé (contrôle) ou cultivé après 1 cycle (T0) et 4 cycles (T1) de monoculture de blé ou tomate.

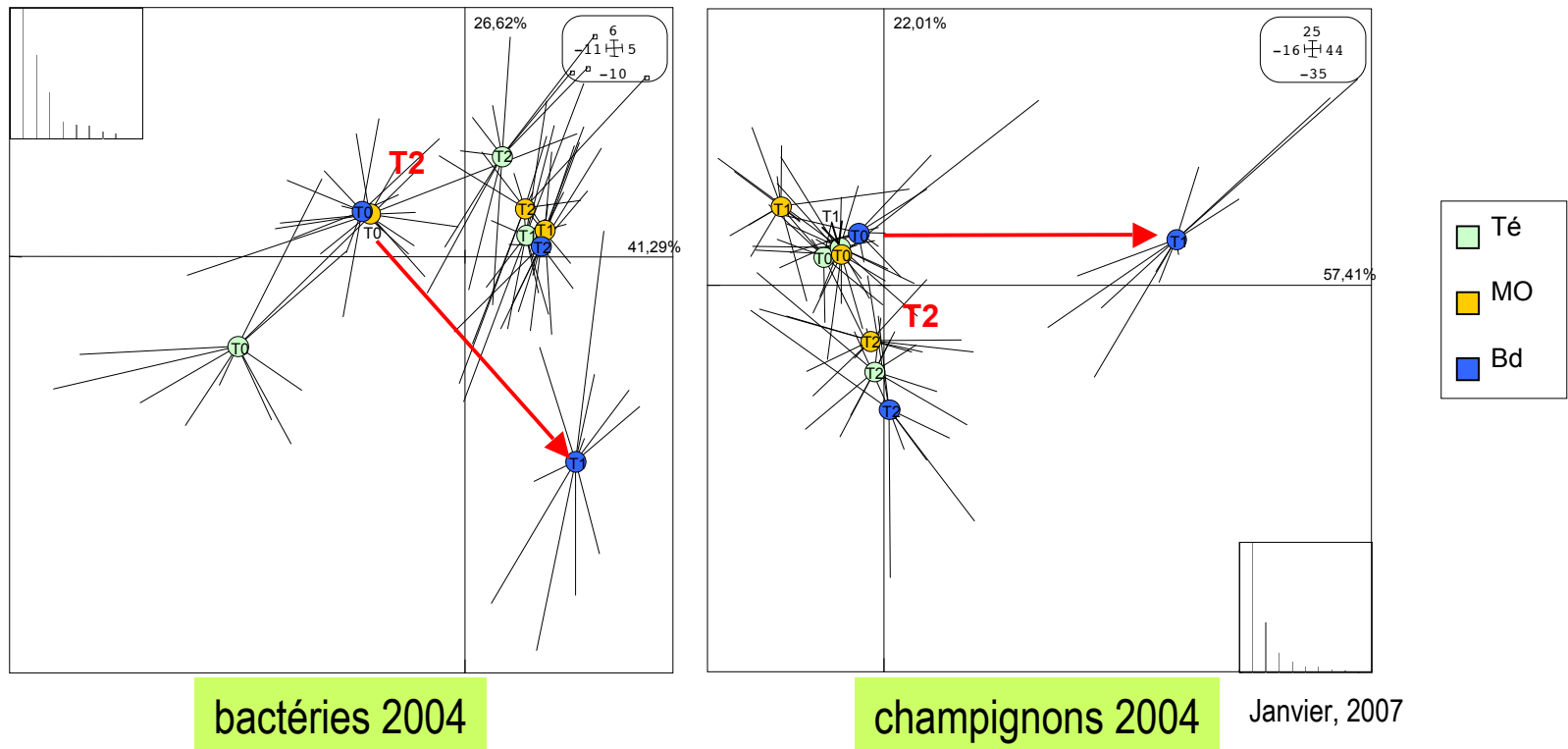
Sélection plante spécifique de l'IGS 4 pour le blé dès le 1^{er} cycle de culture et de l'IGS 11 pour la tomate après 4 cycles de monoculture

⇒ la monoculture peut conduire à une modification spécifique de la structure d'une communauté fongique.

- réponses à l'anthopisation

diversité microbienne

biodésinfection



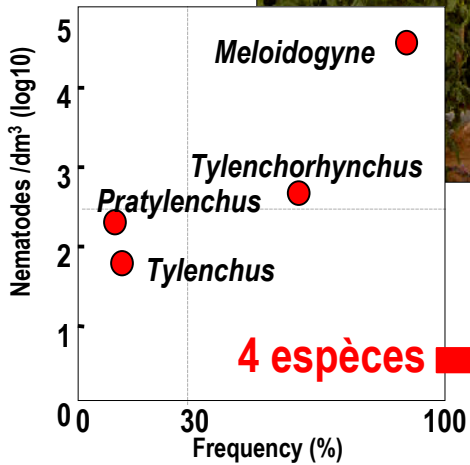
- ⇒ modification de l'importance relative des différents taxons dans la composition des communautés
- ⇒ retour à une situation homogène (résilience) après la culture de carotte

- réponses à l'anthopisation

nématodes

systeme cultivé

tomate

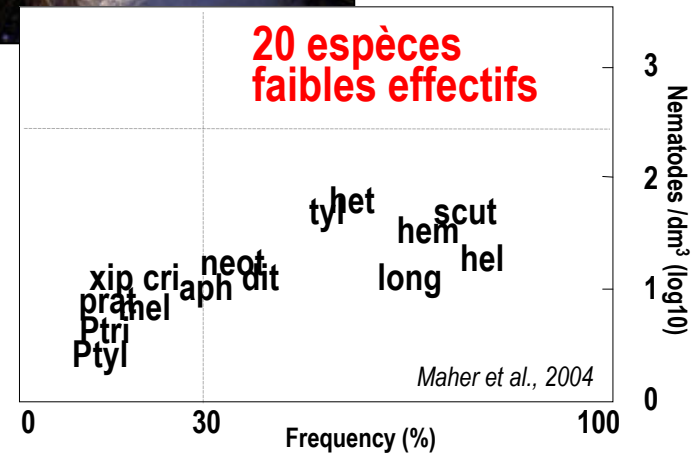


4 espèces

20% de la production

systeme naturel

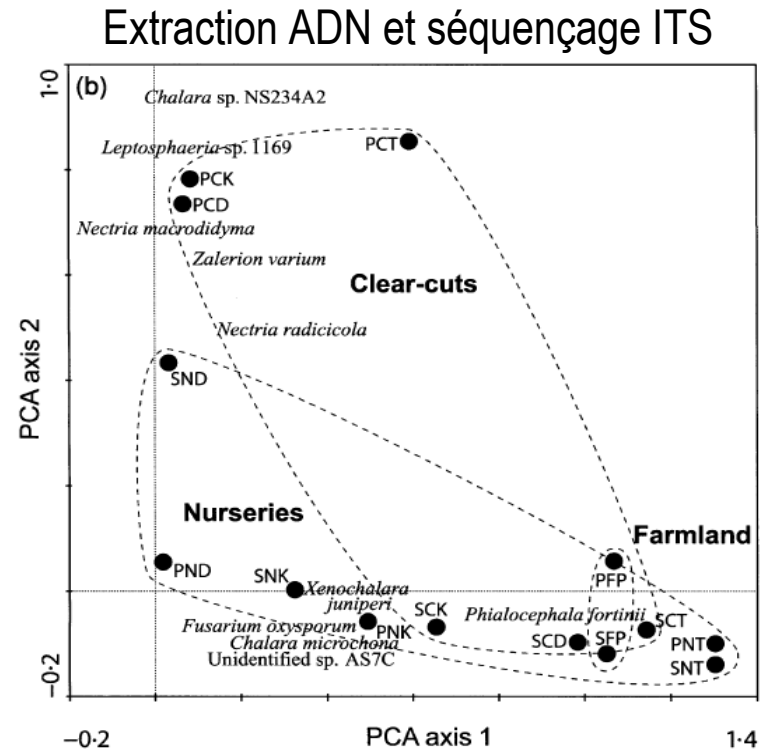
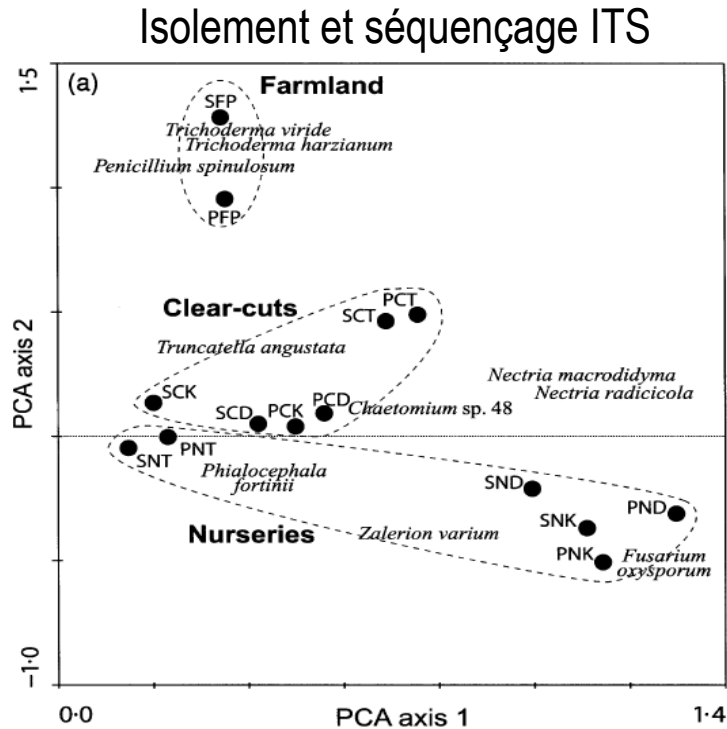
Ammophila arenaria / dunes côtières



20 espèces faibles effectifs

aucun symptôme avéré

⇒ les communautés pauvres en espèces mais à effectifs élevés sont plus pathogènes que des communautés riches en espèces et à faibles effectifs.



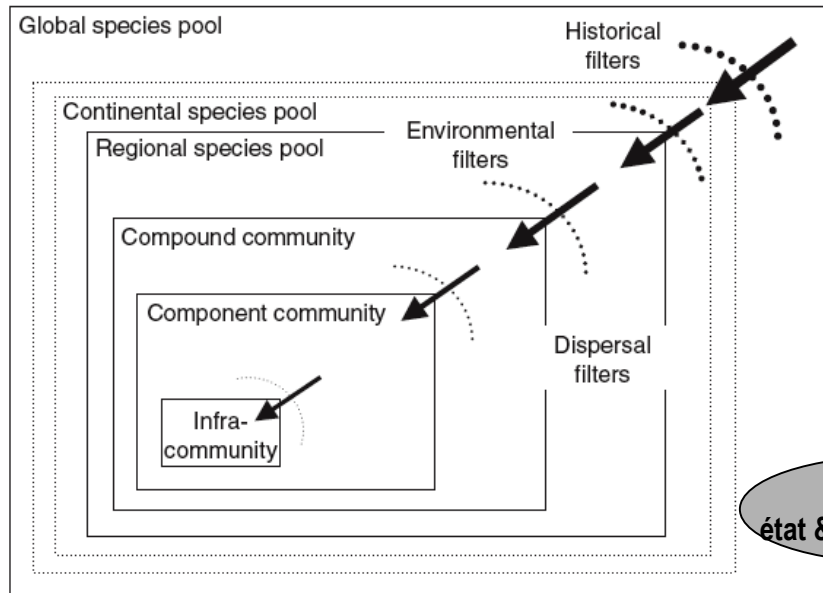
P, Pinus sylvestris; S, Picea abies N, nurseries; C, clear-cuts; F, farmland; D, Dubrava; K, Kulautuva; T, Tytuvėnai; P, Pocielonys

⇒ intérêt des 2 approches microbio et moléculaire.

⇒ plus que la modification de la diversité taxonomique (richesse spécifique), ce sont les rapports d'abondance (et donc la **structure des communautés** fongiques) qui sont affectées par des d'usages différents du sol. (Menkis et al 2006).

5. Prospective : repenser la gestion des bioagresseurs à la lumière des concepts d'écologie des communautés

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



=> analyser la réponse à l'acte anthropique

Ecosystème état & fonctionnement

Traits d'effet

Pool régional d'espèces

filtres historiques

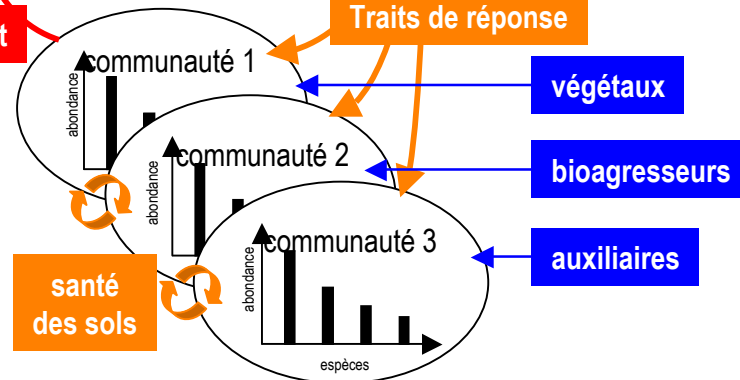
filtres environnementaux

Traits de réponse

végétaux

bioagresseurs

auxiliaires

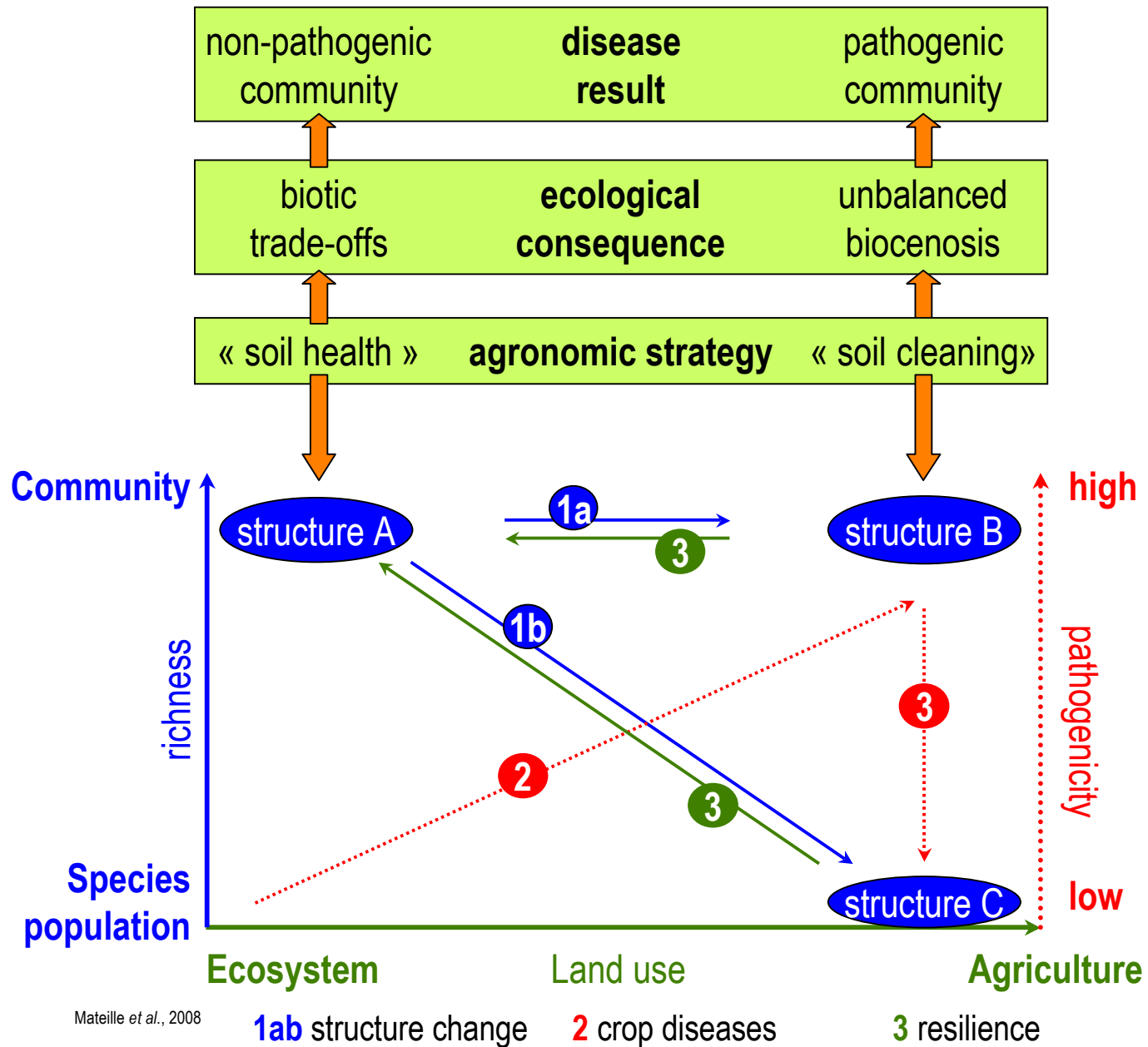


b- gestion de la pathogénicité par celle de la diversité (**traits d'effet**)

=> développer des actes résilients

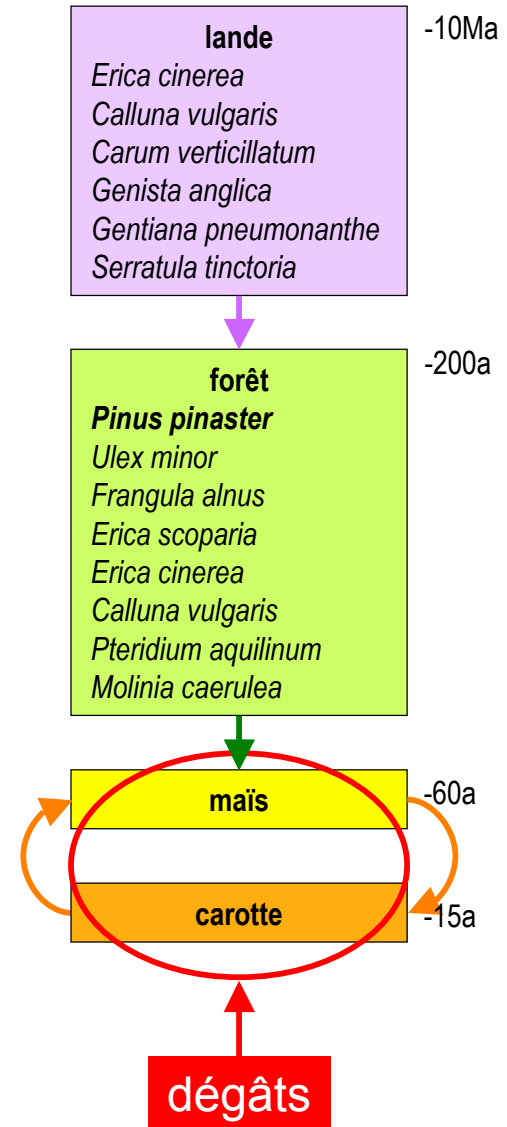
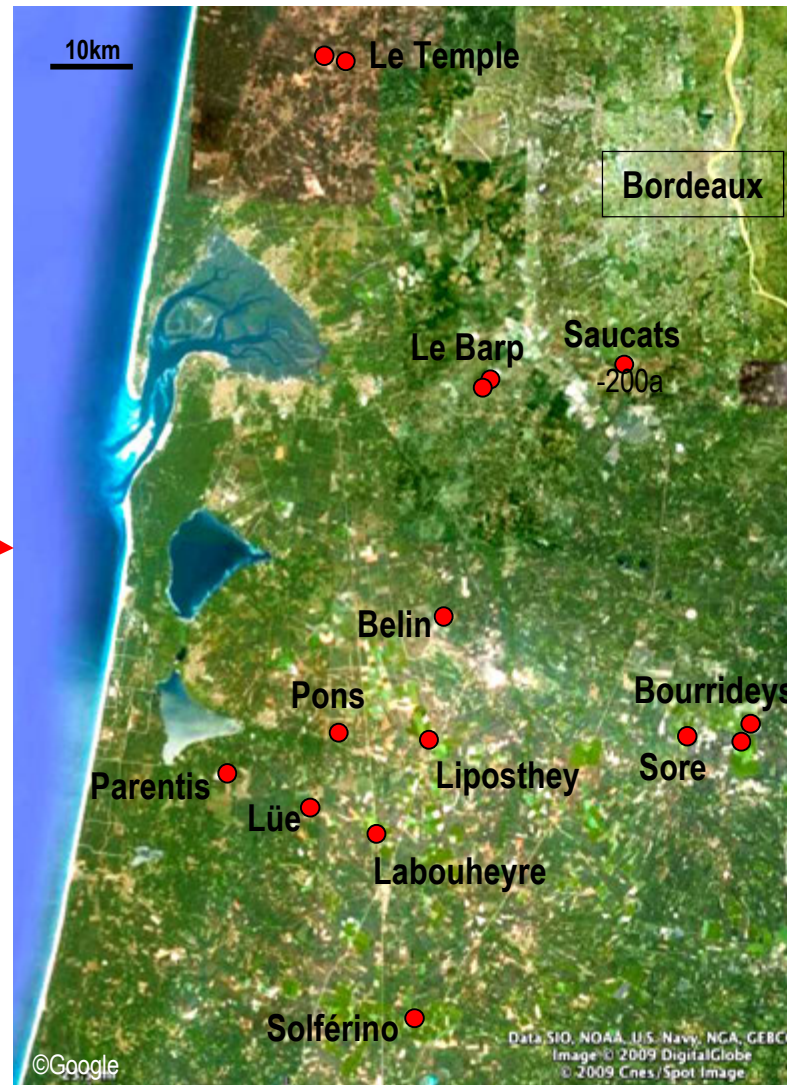
Nouveaux concepts de gestion des bioagresseurs

Plant health → « soil cleaning » or « soil health » ?



6. Une application de recherche : adaptation des communautés de bioagresseurs au changement d'usage des sols

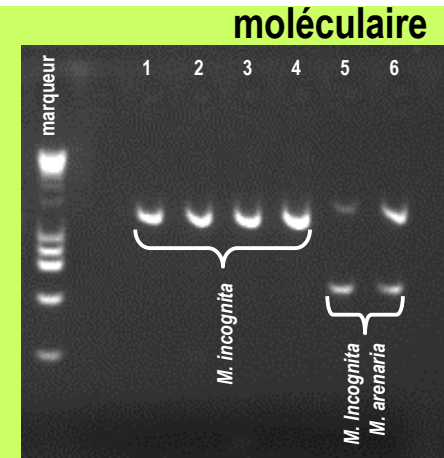
Modèle : l'agrosystème forestier des Landes de Gascogne





Analyse des communautés de nématodes phytoparasites

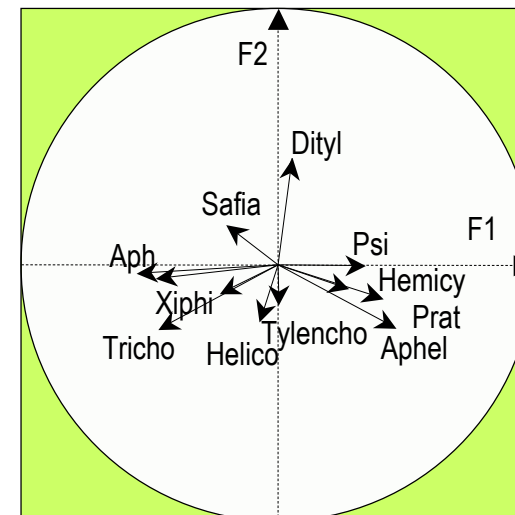
1/ Diversité taxonomique d'extraits bruts



2/ Diversité écologique

- richesse spécifique
- diversité Shannon
- équitabilité
- similarité des diversités
- spatialisation : α = dans un habitat
 β = entre habitats

3/ Diversité des communautés





Analyse des communautés fongiques

1/ Diversité des espèces

analyse indirecte

isolement de N colonies

amplification PCR
et séquençage
du gène ciblé

analyse directe

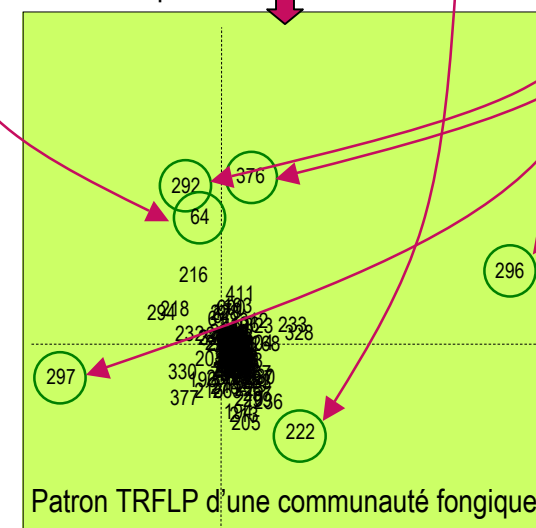
extraction d'ADN de sol

amplification PCR
du gène ciblé et clonage
séquençage N clones / sol

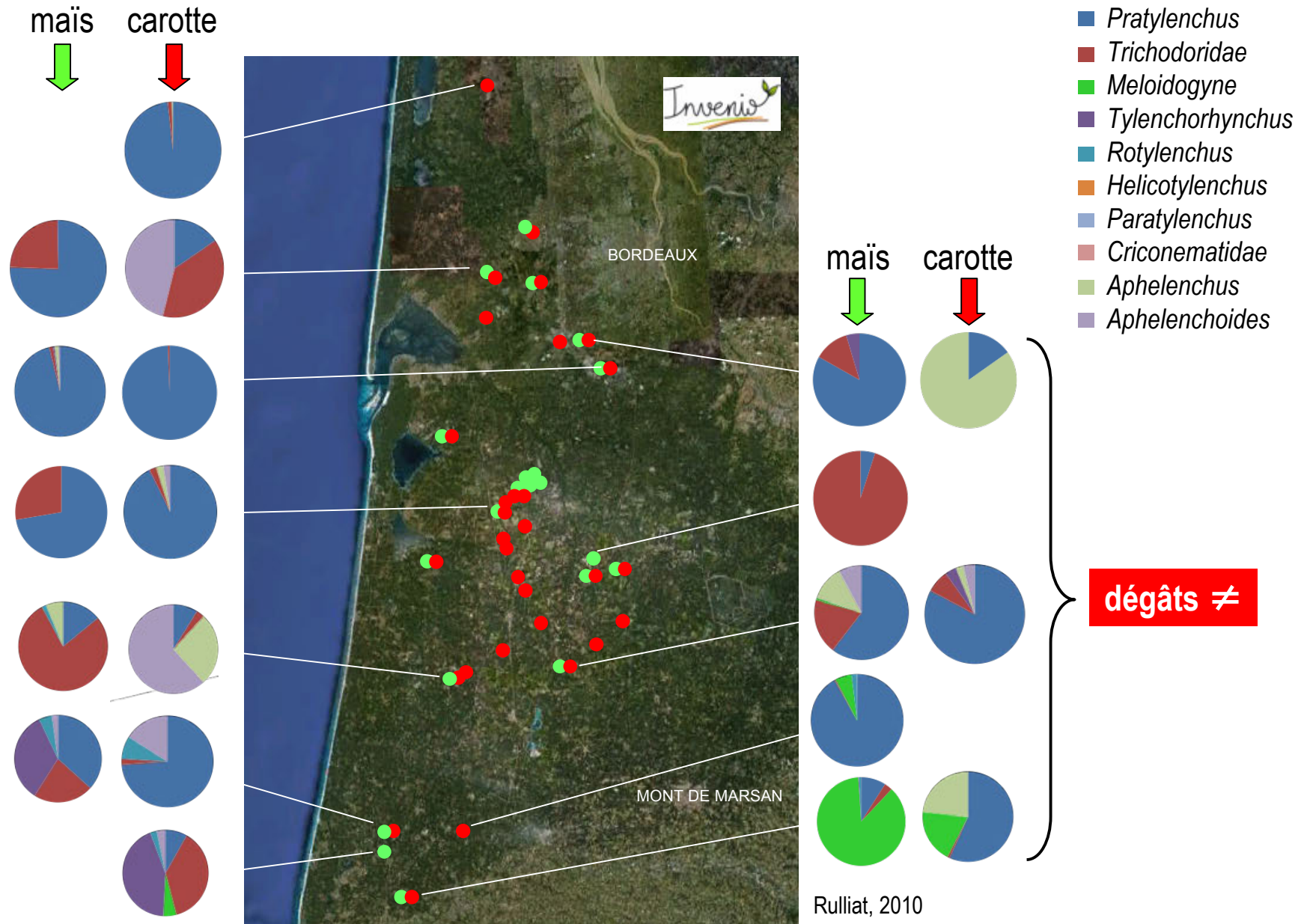
Identification des espèces

2/ Diversité des communautés

- Extraction d'ADN de sol
- Amplification par PCR du gène ciblé
- Analyse T-RFLP
- Relation entre structure (T-RFLP) et diversité



Application à la gestion des communautés de nématodes en production de carotte de plein champ



Remerciements



S. Plas



J.Y. Guerlesquin



G. Granereau



S. Barbier
F. Blanchard



D. Jimenez



P. Lamamy
Polygone d'Essais - Captieux



G. Destenave



J.R. Barrère