

Soutenance de thèse le **08 octobre 2015**

**« Communautés de nématodes phytoparasites associées à l'olivier: réponses aux forçages anthropiques et environnementaux »**

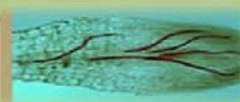
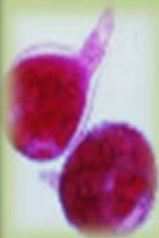
Présentée par **Nadine ALI**

Doctorat **Montpellier SUPAGRO**

Direction : **Thierry MATEILLE (DR IRD)**  
Encadrement : **Elodie CHAPUIS (CR IRD)**

devant le jury composé de:

**Pr. Serge KREITER (Montpellier SupAgro)**  
**Pr. Thierry TATONI (Univ. Aix-Marseille)**  
**Pr. Manuel PLANTEGENEST (AgroCampus-Ouest)**  
**Dr. Philippe CASTAGNONE-SERENO (INRA)**  
**Dr. Thierry MATEILLE (IRD)**



## Les nématodes phytoparasites (NPP)...

- Vers microscopiques vivant dans le sol ou à l'intérieur des cellules végétales
- Parasites biotrophes obligatoires : racines, bulbes
- Large gamme de plantes hôtes...
- Dégâts : 20-30% de la production mondiale.

*Globodera rostochiensis**Pratylenchus penetrans*

- Parasites difficiles à combattre:
  - Lutte chimique efficace mais effets non intentionnels (environnement)
  - Méthodes alternatives disponibles: efficacité insuffisante

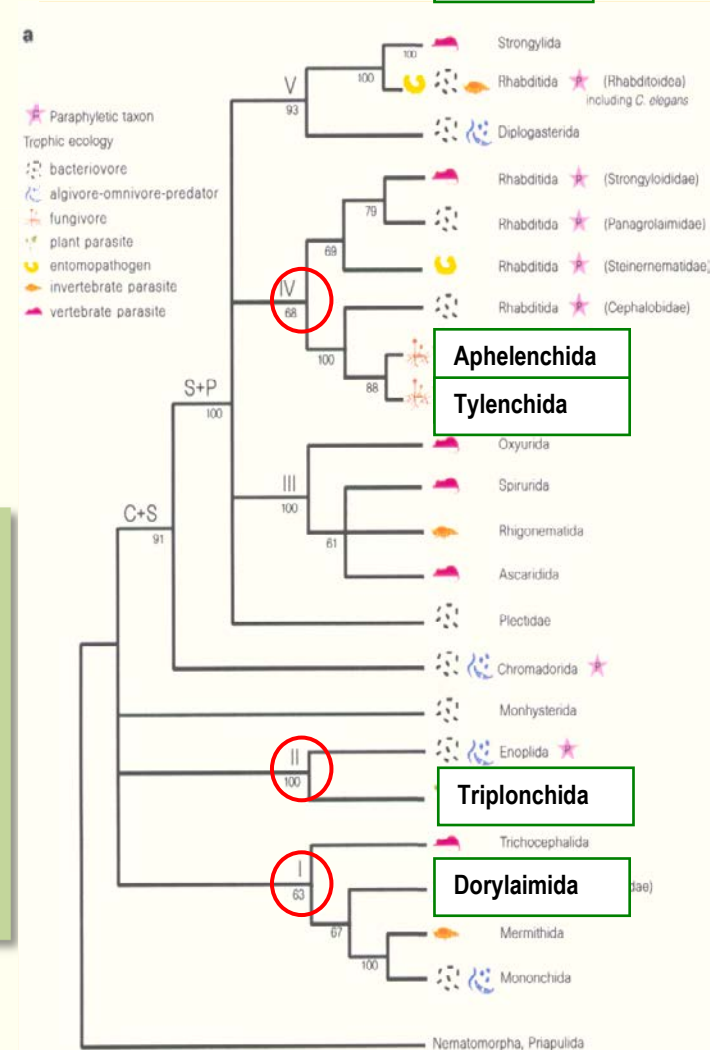
➤ Diversité taxonomique très importante

- 5000 espèces
- 4 ordres et 33 familles

➤ Différents modes de reproduction: parthénogenèse, amphimixie, hermaphrodisme

Espèce	Nombre chromosomique	Mode de reproduction
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	30-32	parthénogenèse mitotique
<i>Pratylenchus coffeae</i>	7	amphimixie
<i>Pratylenchus neglectus</i>	20	parthénogenèse mitotique
<i>Pratylenchus penetrans</i>	10	amphimixie
<i>Pratylenchus scribneri</i>	12	parthénogenèse méiotique
<i>Paratrichodorus</i> spp.		hermaphrodisme

4 ordres

Blaxter *et al.*, 1998

3 origines évolutives

- Variabilité biologique et écologique :
  - Durée du cycle de vie
  - Fécondité
  - Sensibilité aux perturbations des milieux (colonisateurs, persistants)

Espèce	Cycle	Fécondité (nb œufs)
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	70 jours	500
<i>Heterodera schachtii</i>	30 jours	400
<i>Longidorus athesinus</i>	26 sem.	480
<i>Meloidogyne javanica</i>	30 jours	500
<i>Trichodorus sparsus</i>	20 sem.	220
<i>Xiphinema diversicaudatum</i>	1.2 an	200

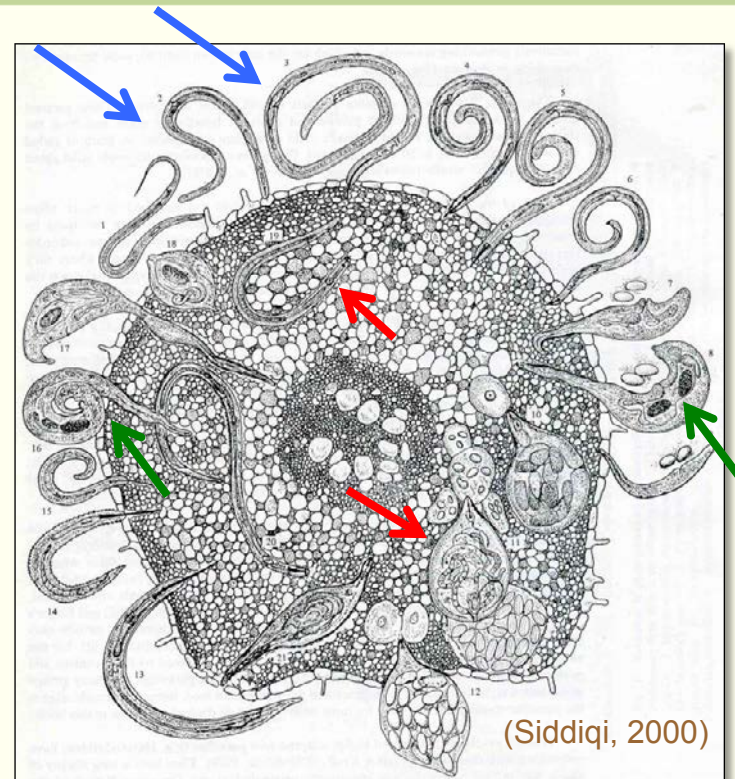
- 2 modes trophiques
  - Spécialistes (phytoparasites stricts)
  - Généralistes (bactérovores + fongivores)

### □ 3 modes parasitaires

ectoparasites

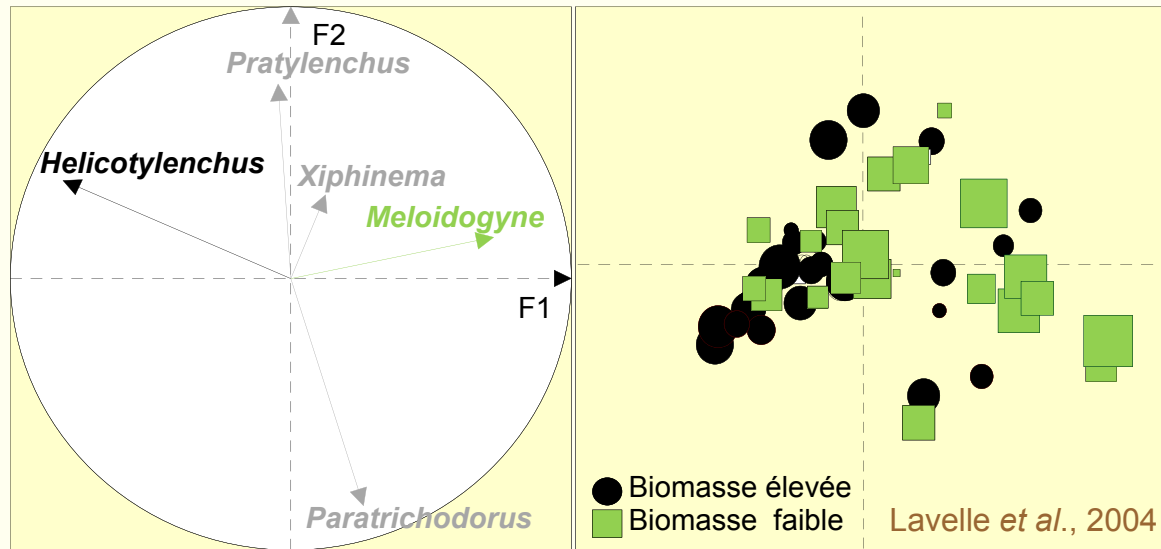
endoparasites (migrateurs / sédentaires)

semi-endoparasites (migrateurs / sédentaires)



(Siddiqi, 2000)

- Présence ubiquiste des NPP en communautés (au sens mélange d'espèces)
- Structure de la communauté détermine sa pathogénicité ainsi que la production végétale.



=> Besoin de comprendre comment se structurent des communautés (réponses aux perturbations / co-existence )

Apporter des connaissances sur les facteurs qui déterminent la diversité et la structure des communautés de nématodes phytoparasites



Ecologie des communautés

Diversité/structure/patrons des communautés  
Assemblage / coexistence des espèces

Contribution des facteurs biotiques

Anthropisation des milieux

Contribution des facteurs abiotiques



Rôle de la variation génétique

Dynamique des populations

Rôle des processus neutres ou sélectifs



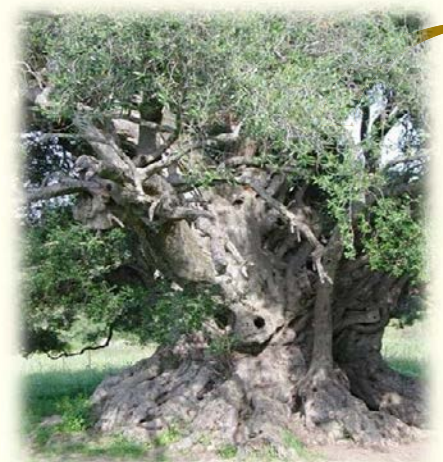
Approche comparative:  
▪ Changements d'état  
▪ Gradients de forçages

Agrosystèmes: situations très perturbées

Recours aux systèmes naturels



➤ Diversité écologique (modalités)



Olivier sauvage **WO**  
*Olea europaea*  
subsp. *sylvestris*



Olivier féral **FO**

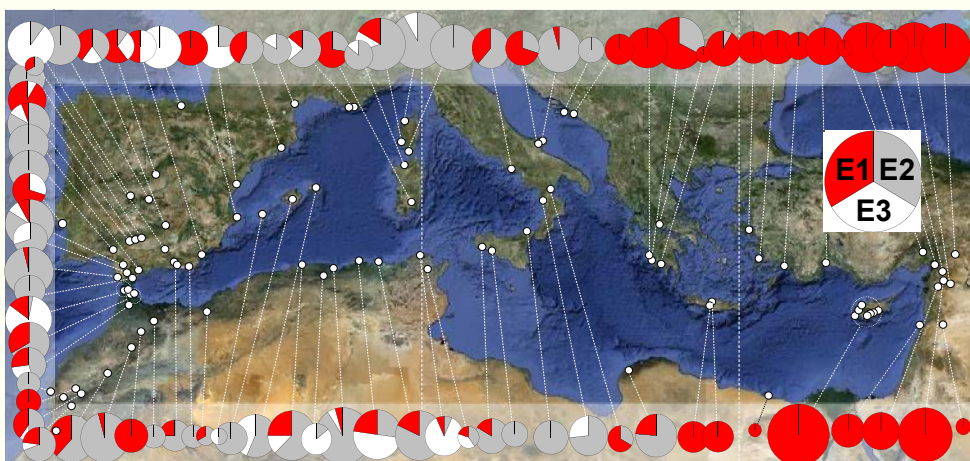


Olivier cultivé  
*Olea europaea*  
subsp. *europaea*

**TR** = Culture traditionnelle



➤ Diversité génétique: 3 lignées chloroplastiques principales d' *O. europaea*



Besnard et al., 2013



**HD** = Culture haute densité





- L'olivier: plante sensible aux nématodes phytoparasites
- Analyse bibliographique de 195 références sur les NPP associés à l'olivier au niveau mondial et dans le Bassin Méditerranéen :

⇒ **Objet d'une publication en premier auteur publiée dans CR Biologies en 2014.**

C. R. Biologies 337 (2014) 423–442



Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Biologies

www.sciencedirect.com



Review/Revue

Plant-parasitic nematodes associated with olive tree (*Olea europaea* L.) with a focus on the Mediterranean Basin: A review

Nadine Ali<sup>a,b,\*</sup>, Elodie Chapuis<sup>b,c</sup>, Johannes Tavoillot<sup>b</sup>, Thierry Mateille<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Tichreen University, Faculty of Agriculture, Plant Protection Department, PO Box 230, Latakia, Syrian Arab Republic

<sup>b</sup> IRD, UMR CBGP (Center for Biology and Management of Populations) (INRA/IRD/CIRAD/Montpellier SupAgro), campus de Baillarguet, 755, avenue du Campus-Agropolis, CS30016, 34988 Montpellier-sur-Lez cedex, France

<sup>c</sup> IRD, UMR RPB, 911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France

426

N. Ali et al. / C. R. Biologies 337 (2014) 423–442

Table 1  
Plant-parasitic nematode taxa associated with olive tree.

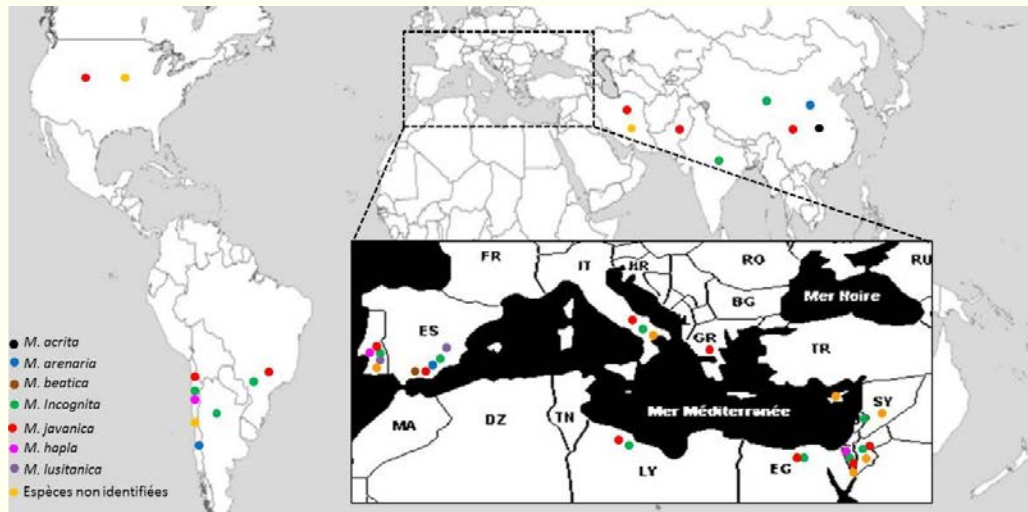
Order	Family	Species	Country	Reference
Aphelenchida	Aphelenchidae	<i>Aphelenchus avenae</i> Bastian 1865	Greece	[103]
			Iran <sup>a</sup>	[48]
			Jordan	[40]
			Spain	[42]
			Iran	[47]
			Italy	[36]
			Spain	[42]
			Egypt	[46]
			Italy	[36]
			Jordan	[40]
Dorylaimida	Longidoridae	<i>Aprutides guidettii</i> Scognamiglio 1974	Spain	[42]
		<i>Longidorus africanus</i> Merny 1966	Egypt	[108]
		<i>L. belloi</i> Andres and Arias 1988	Portugal	[79]
		<i>L. closelongatus</i> Stoyanov 1964	Greece	[167]
		<i>L. cretensis</i> Tzortzakakis et al., 2001	Greece	[168]
		<i>L. elongatus</i> De Man 1876	Egypt	[46]
		<i>L. macrosoma</i> Hooper 1961	Spain	[42]
		<i>L. siddiqii</i> Aboul-Eid 1970	Jordan	[94]
		<i>L. vinearum</i> Bravo and Roca 1995	Portugal	[79]
		<i>Longidorus</i> sp. Micoletzky 1922	Egypt	[60]
	Italy	[36]		
	Spain <sup>a</sup>	[27]		
	Syria	[52]		

Recensement de 153 espèces et de 56 genres de NPP au niveau mondial



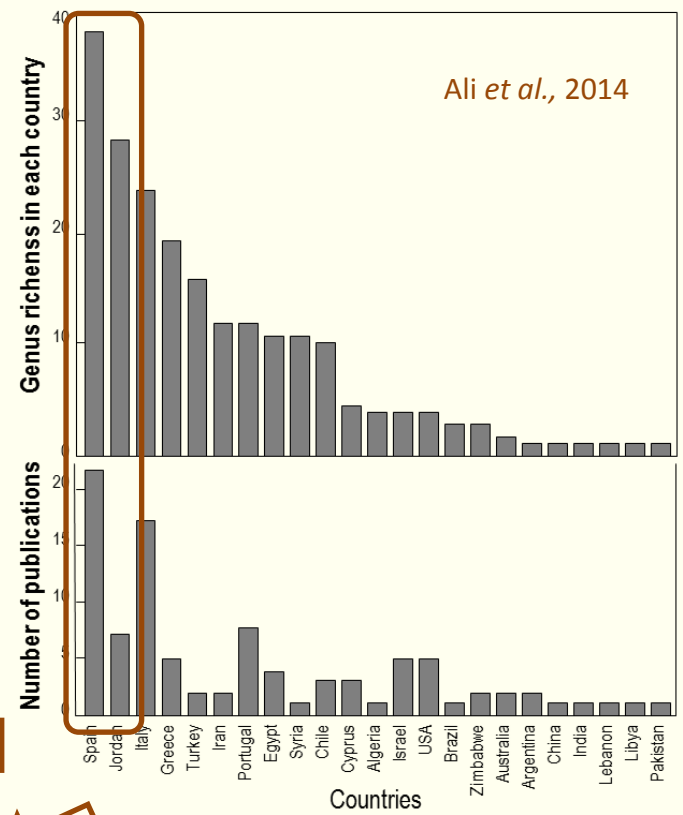
➤ Focus sur quelques genres considérés dominants sur olivier e.g. *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., etc.

=> Distribution géographique

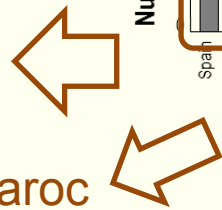


Distribution géographique de *Meloidogyne* spp. (enregistré dans 19 pays)

=> Diversité des NPP dans les pays producteurs

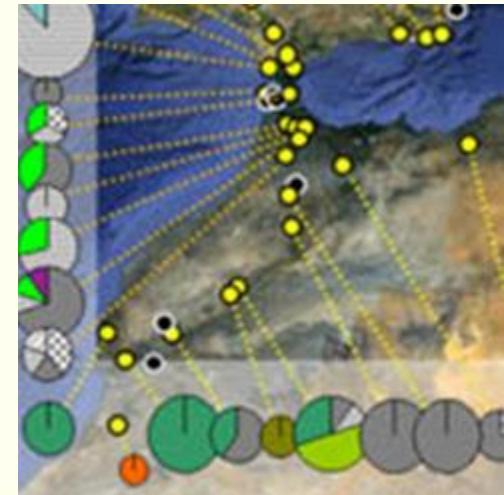


Diversité essentiellement liée aux efforts d'études / pays



Absence totale des données au Maroc

- ➔ Diversité des nématodes totalement inconnue
- ➔ Un des premiers pays producteurs de l'olivier
- ➔ Croissance dans des conditions très variables
  - Diversité écologique / génétique
  - Gradient de domestication, d'intensification
  - Variabilité des caractéristiques pédo-climatiques

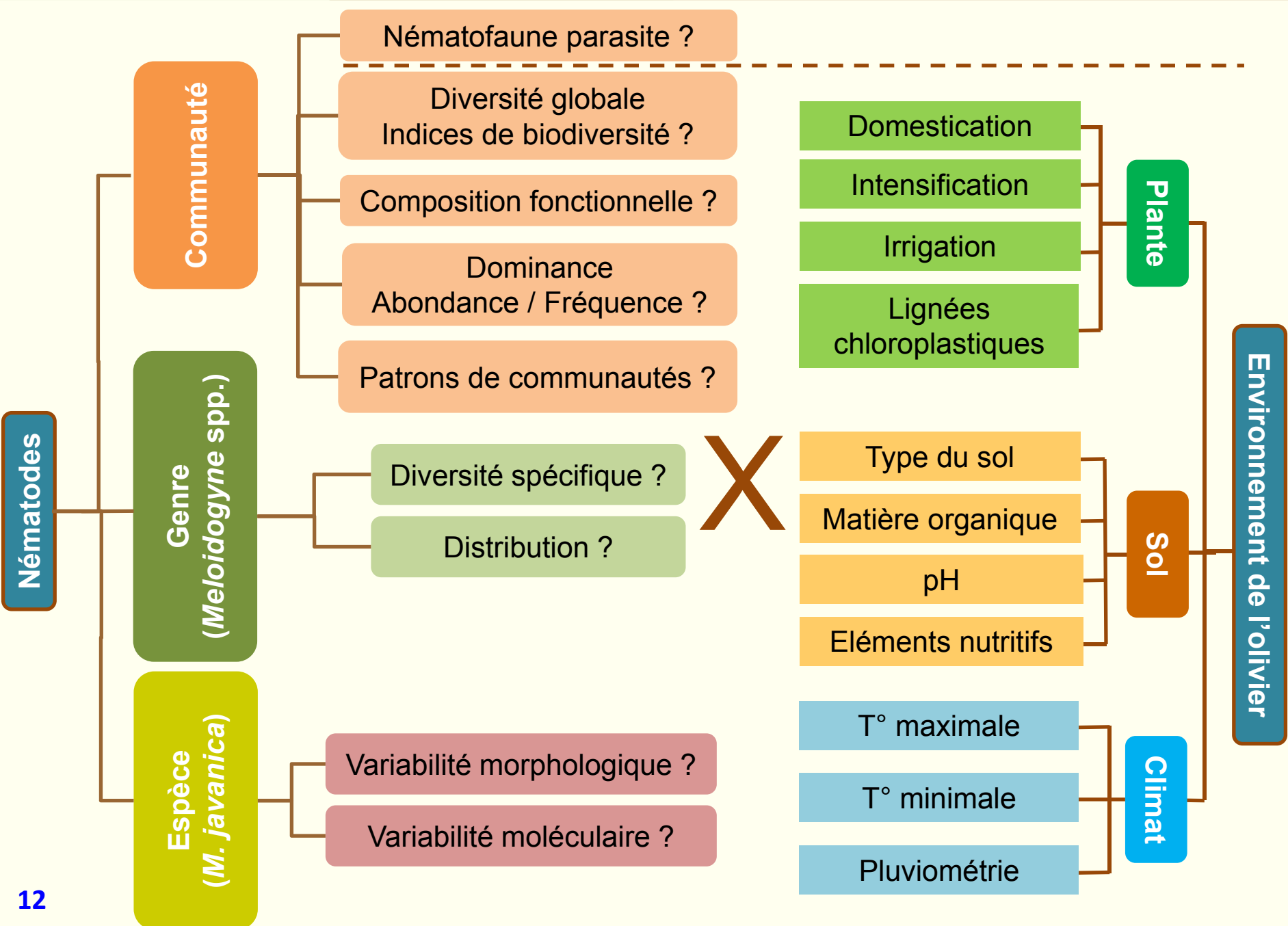


Besnard *et al.*, 2013



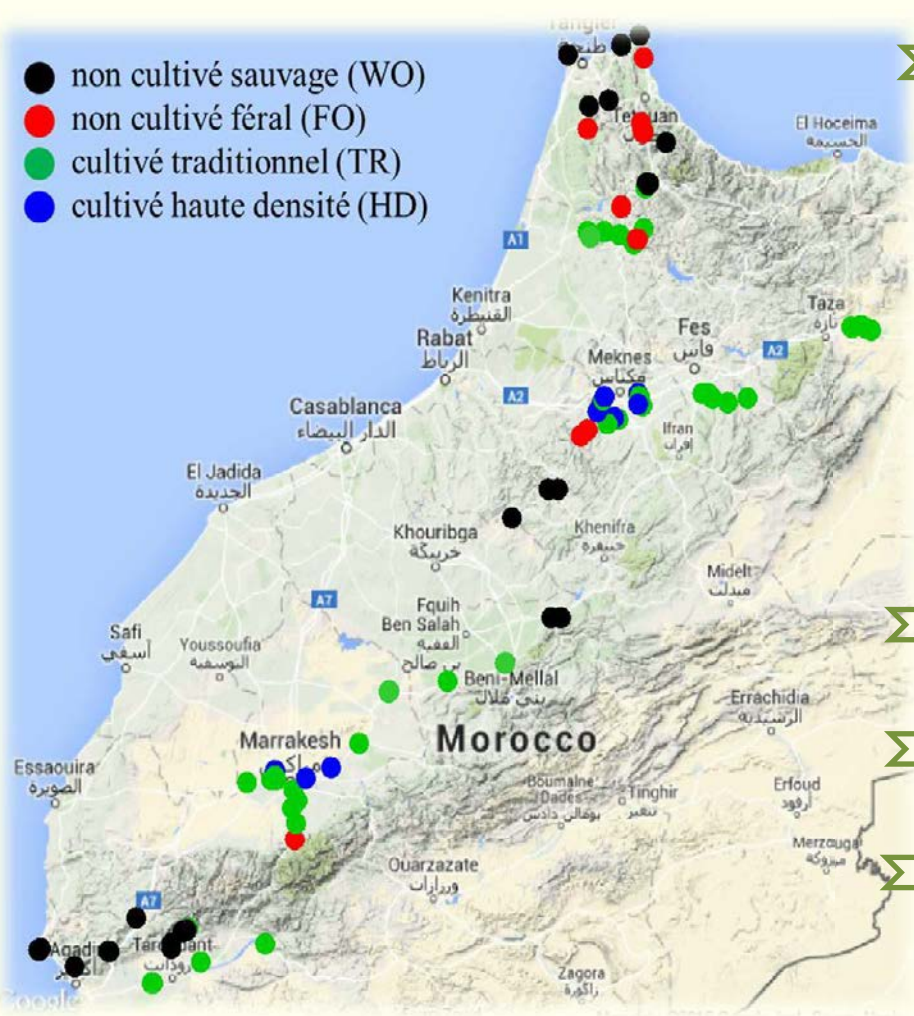
Dispositif pour comprendre l'impact de forçages anthropiques et environnementaux sur la structuration des communautés de NPP.

- Caractérisation générale de la diversité des nématodes phytoparasites en communautés associées à l'olivier au Maroc.
- Réponses de cette diversité à la variabilité écologique de l'olivier.



- Prospections dans 94 sites et collecte de 213 échantillons sur un gradient de 900 km
- Différentes modalités agronomiques de l'olivier : sauvage, féral, cultivé

- non cultivé sauvage (WO)
- non cultivé féral (FO)
- cultivé traditionnel (TR)
- cultivé haute densité (HD)



➤ Extraction des nématodes du sol (élutriation) et identification



➤ Analyses physico-chimiques du sol

➤ Récupération des données climatiques des sites d'échantillonnage

➤ Génotypage chloroplastique de l'olivier:

- E1: TR, HD, quelques FO, très peu WO
- E2 + E3: FO, WO
- M (*O. maroccana*) : quelques WO

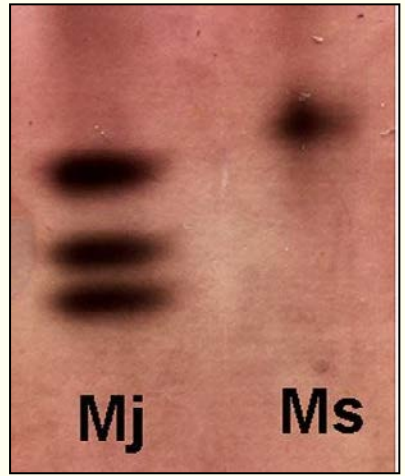
- Diversité globale très importante : 117 espèces et 47 genres
- Par rapport à la diversité enregistrée au niveau mondial:
  - 60 espèces de NPP enregistrées pour la première fois en association avec l'olivier
  - Nouvelles espèces de *Meloidogyne* :



=> *Meloidogyne* n. sp. sur olivier sauvage au Sud du Maroc (également sur arganier)



Description en cours



=> *M. spartelensis* sur un olivier sauvage, au Nord du Maroc



Objet d'une publication en 1<sup>er</sup> auteur publiée dans *European Journal of Plant Pathology* en 2015

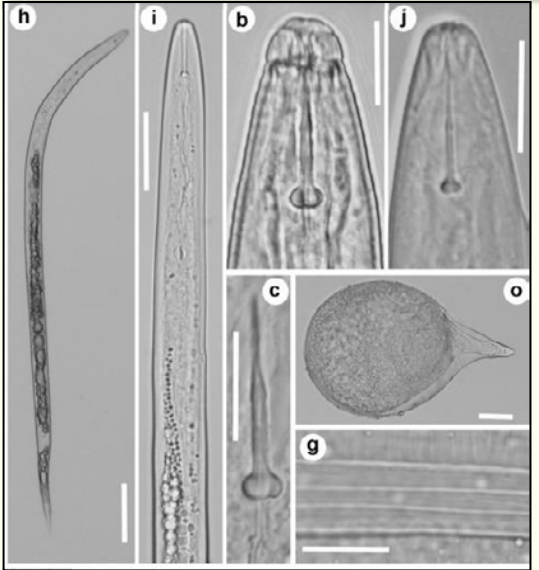
➤ Analyse taxonomique multicritères : marqueurs morphologiques, biochimiques et moléculaires

Eur J Plant Pathol  
DOI 10.1007/s10658-015-0662-3

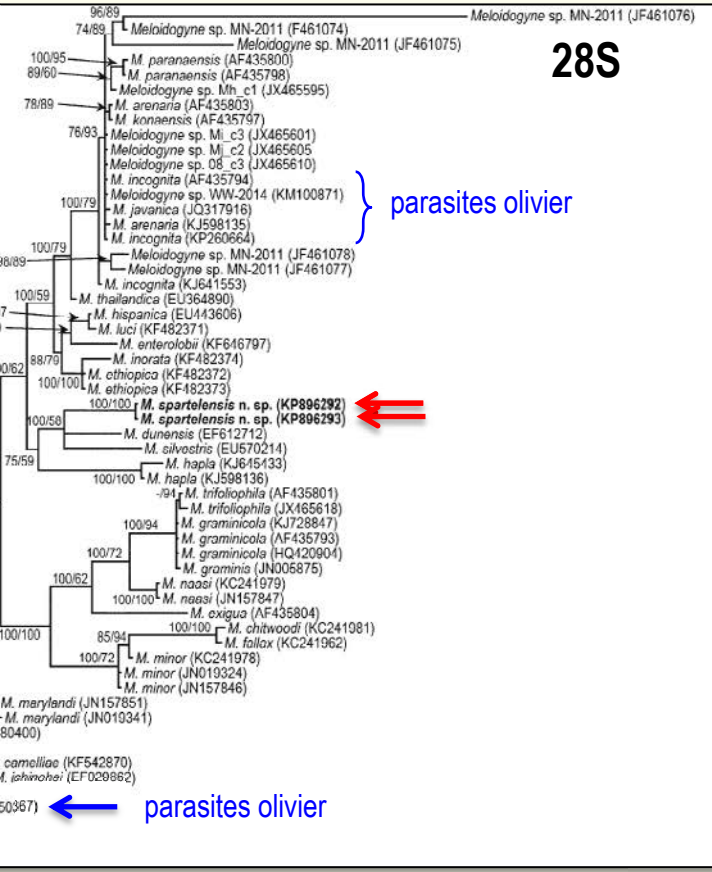
**A new root-knot nematode *Meloidogyne spartelensis* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae) in Northern Morocco**

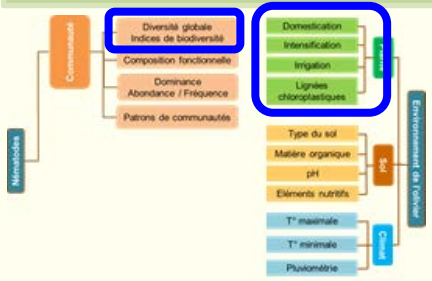
Nadine Ali • Johannes Tavoillot • Thierry Mateille • Elodie Chapuis •  
Guillaume Besnard • Ahmed El Bakkali • Carolina Cantalapiedra-Navarrete •  
Gracia Liébanas • Pablo Castillo • Juan E. Palomares-Rius

Analyses phylogénétiques de 18S, 28S, ITS, coxI, coxII



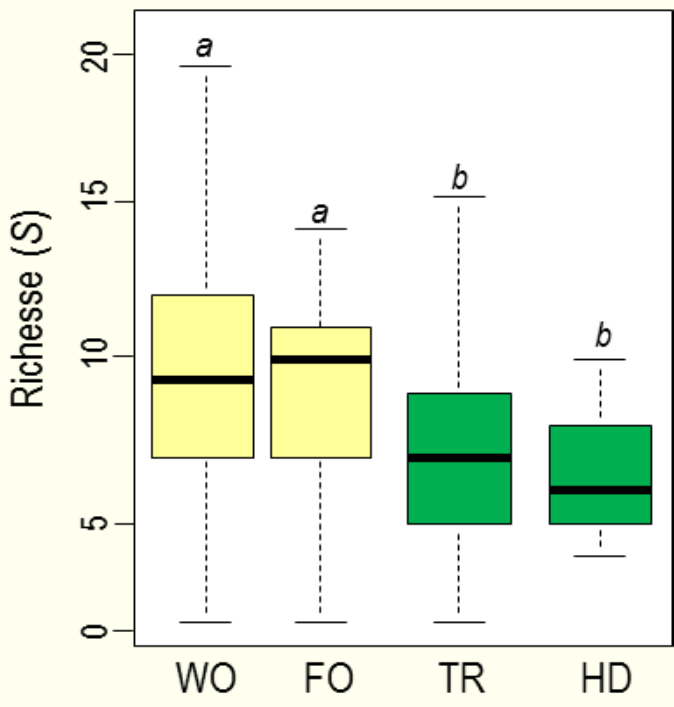
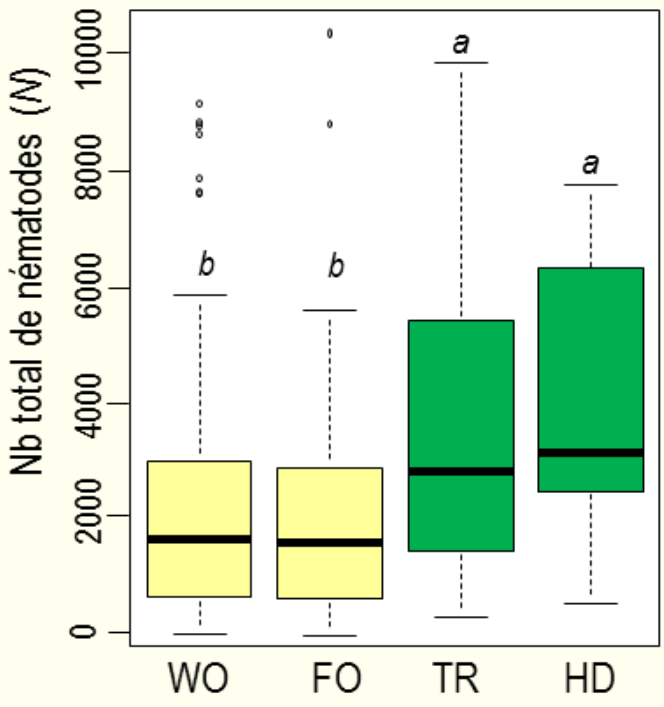
Morphologie et phylogénie éloignées des *Meloidogyne* associés à l'olivier





### Diversité globale x Plante

- N** Abondance des nématodes
- S** Richesse spécifique
- H'** Indice de Shannon
- E** Equitabilité = régularité de la distribution des espèces



ACP, ACM, GLM

- ✓ **Domestication:**
  - Communautés riches en espèces, et faible abondance sous WO, FO
  - Réduction de la diversité et augmentation de l'abondance sous TR, HD

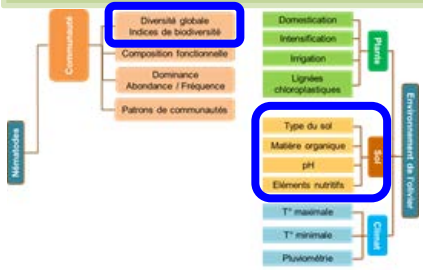
GLM Olivier non cultivé (WO, FO) Olivier cultivé (TR, HD)

X Intensification

Opposition de **N** avec **S, H', E** ➔ Interactions Trade-off??



## Diversité globale x Sol

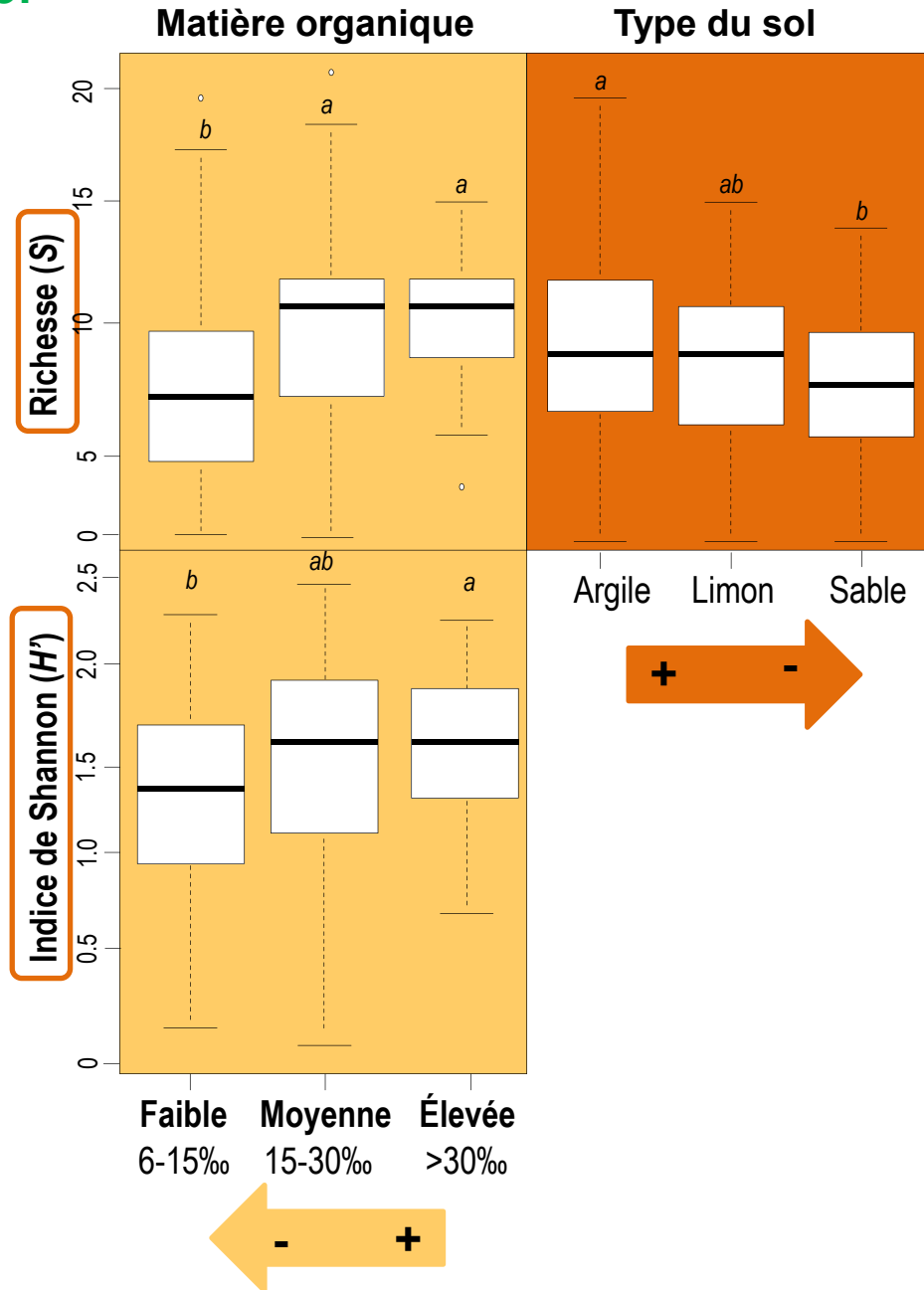


- Effet significatif :
  - du type de sol
  - du contenu en MO
- Effet significatif uniquement sur :
  - La richesse spécifique
  - L'indice de Shannon.

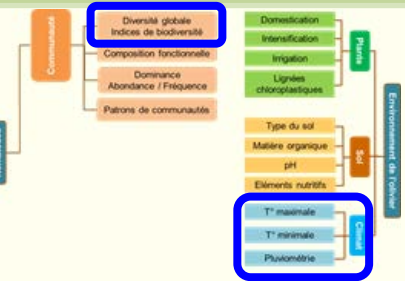
✓ Richesse et diversité spécifique :

- plus élevées dans les sols argileux et riches en MO (= sols des sites sauvages)
- plus faibles dans les sols sableux et pauvres en MO (= sols des sites cultivés)

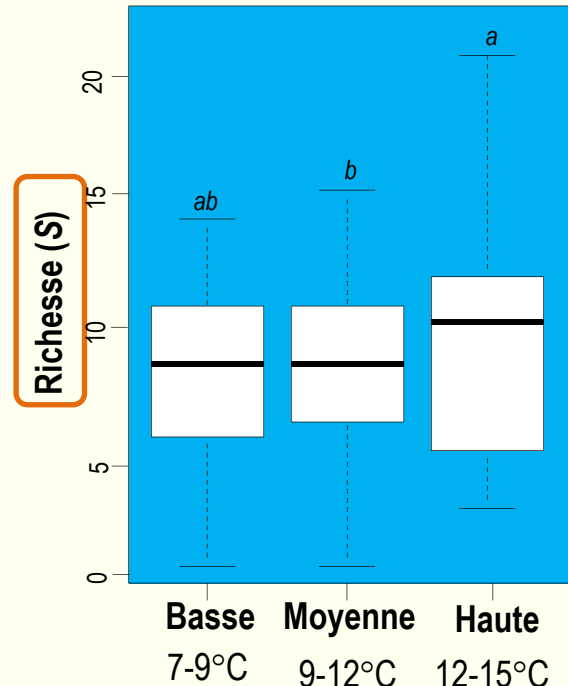
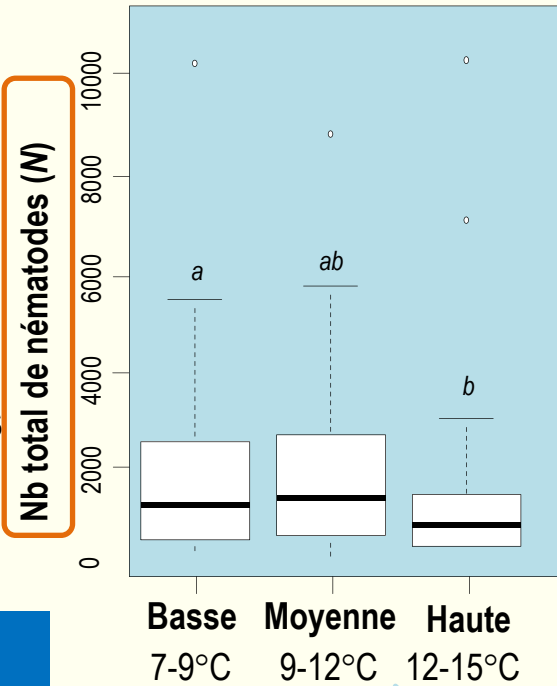
- Pas d'effet sur l'abondance en NPP



Diversité globale x Climat



- Effet significatif de :
  - la température minimale.
- sur :
  - l'abondance en nématodes
  - la richesse spécifique.



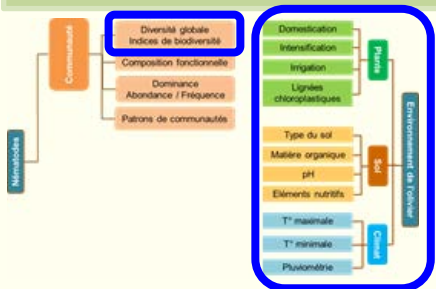
✓ Effectifs plus élevés et richesse plus faible dans les zones continentales froides (= zones à olivier cultivé)

vs

✓ zones côtières tempérées (zones à olivier sauvage)



▪ Confirmation de l'opposition de l'abondance en NPP dans les communautés vs à leur richesse en espèces.



## Diversité globale : conclusions

➤ Conjugaison des variables environnementales sur la diversité  
=> Modalité d'olivier est le facteur principal conduisant la diversité des NPP

Zones oliviers non cultivés (WO, FO):

- sols argileux, organique
- T° min haute

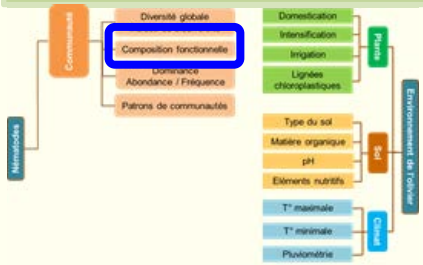
Zones oliviers cultivés (TR, HD):

- sols sableux, pauvres en MO
- T° min basse

- communautés riches en diversité
- abondance en faibles effectifs

- réduction de diversité de NPP
- abondance élevée de NPP

**1<sup>ère</sup> indication** du rôle des activités humaines « **la domestication** » et du **changement environnemental de l'olivier** sur l'état de la diversité des NPP en communautés

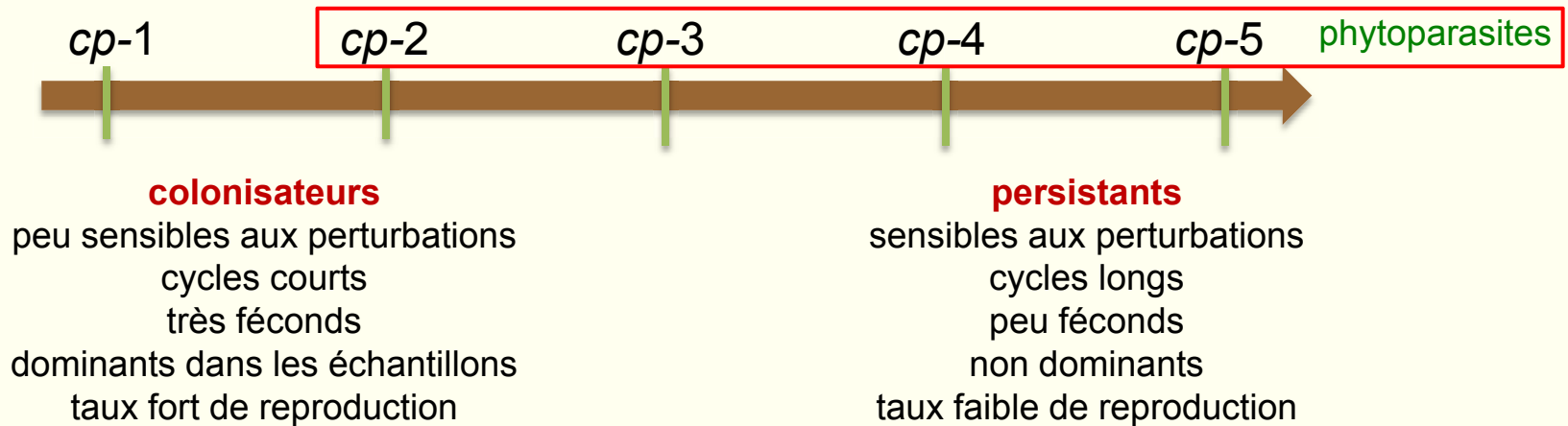


## Composition fonctionnelle

- Diversité trophique :
  - **FF** Fongivores
  - **FPF** Phytoparasites facultatifs
  - **OPF** Phytoparasites stricts

### ➤ Diversité fonctionnelle des nématodes du sol:

*cp*-value: indice de diversité fonctionnelle donné au rang de la famille (Bongers, 1991)

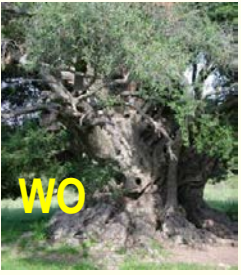
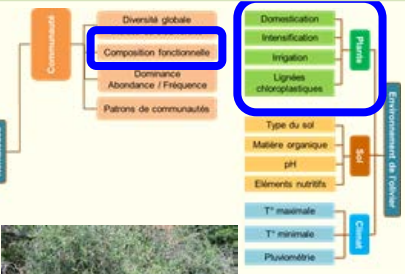


### ➤ Analyses de:

- Abondance relative (%) et richesse générique / groupe
- Contribution des modalités de l'olivier dans cette composition

### Composition fonctionnelle x Plante

➤ Abondance relative des groupes fonctionnels (%)



Olivier sauvage => majorité de Tylenchidae, parasites fongivores

Olivier sauvage => majorité de Longidoridae, très sensibles aux perturbations



Olivier cultivé => parasites obligatoires Hoplolaimidae, Telotylenchidae, Pratylenchidae, Meloidoginidae => parasites majeurs en milieux cultivés

Modalité d'olivier	colonisateurs				persistants		
	Rcp-2	Rcp-3	Rcp-4	Rcp-5	FF	FPF	OPF
sauvage <b>WO</b>	45.58 a	48.89 b	0.08	5.44 a	8.69 a	32.63 b	58.68 ab
féral <b>FO</b>	46.19 a	52.19 ab	0.03	1.59 b	3.62 b	39.35 ab	57.03 ab
cultivé traditionnel <b>TR</b>	52.62 a	46.68 b	0.04	0.66 b	3.69 b	46.89 a	49.42 b
cultivé haute densité <b>HD</b>	25.96 b	73.71 a	0,33	0.00 b	0.12 b	25.13 b	74.76 a

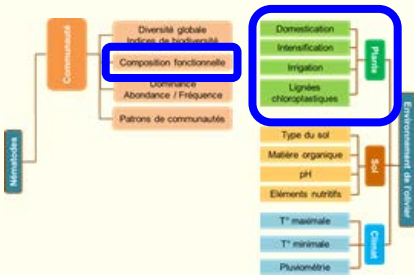
➤ Richesse générique / groupe (Nb de genres)

- Milieux non cultivé
- Opposition : richesse / abondance

Modalité d'olivier	cp-2	cp-3	cp-4	cp-5	FF	FPF	OPF
WO	24	23	1	3	5	14	32
FO	13	14	1	2	3	8	19
TR	11	11	1	2	4	6	15
HD	5	11	2	0	1	3	14

Composition fonctionnelle: conclusion

➤ Modalité de l'olivier sur un gradient de perturbation



NPP généralistes, fongivores  
 Forte abondance de *cp-5*  
 Richesse générique des NPP stricts plus importante vs abondance plus faible

2<sup>ème</sup> indication du rôle des activités humaines « domestication » sur la composition trophique et fonctionnelle des NPP en communautés

NPP parasites obligatoires

Absence totale de *cp-5*

Réduction de richesse générique des NPP stricts vs abondance plus élevée



## Dominance des genres

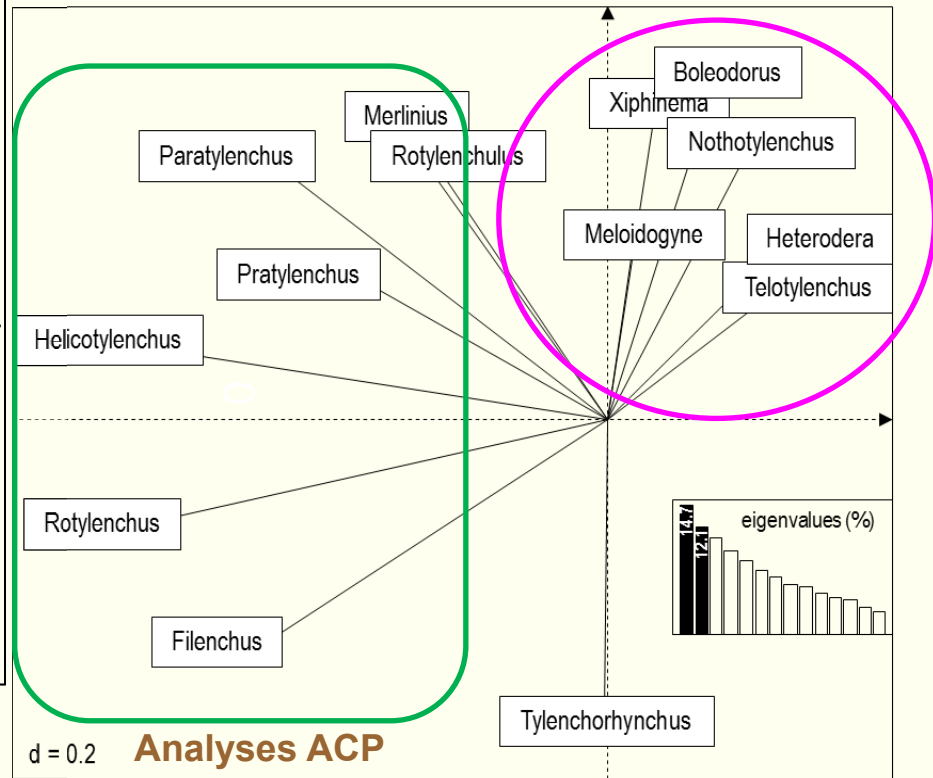
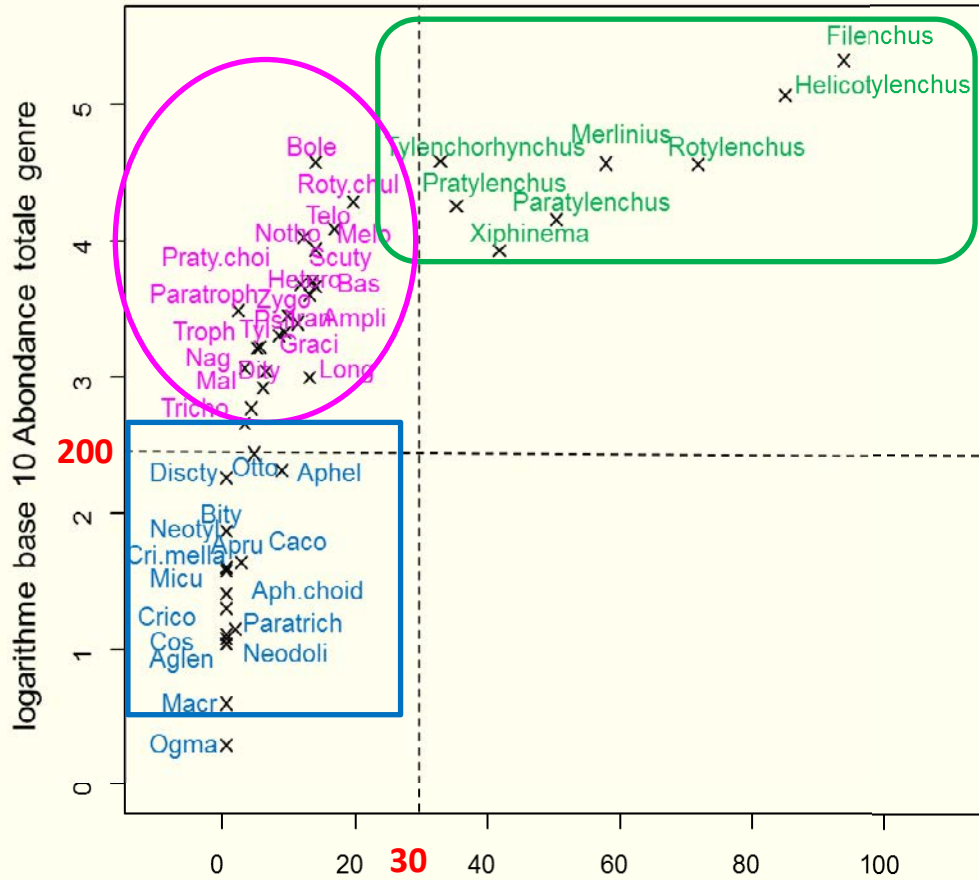
Diagramme fréquence/abondance (Fortuner & Merny, 1973)



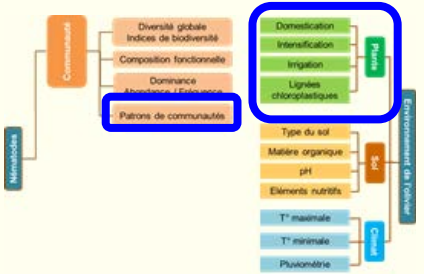
➤ NPP répartis en trois groupes :

- Très abondants et fréquents
- Abondants mais peu fréquents
- Peu abondants, peu fréquents

## Patterns des communautés



Patrons des communautés x Plante



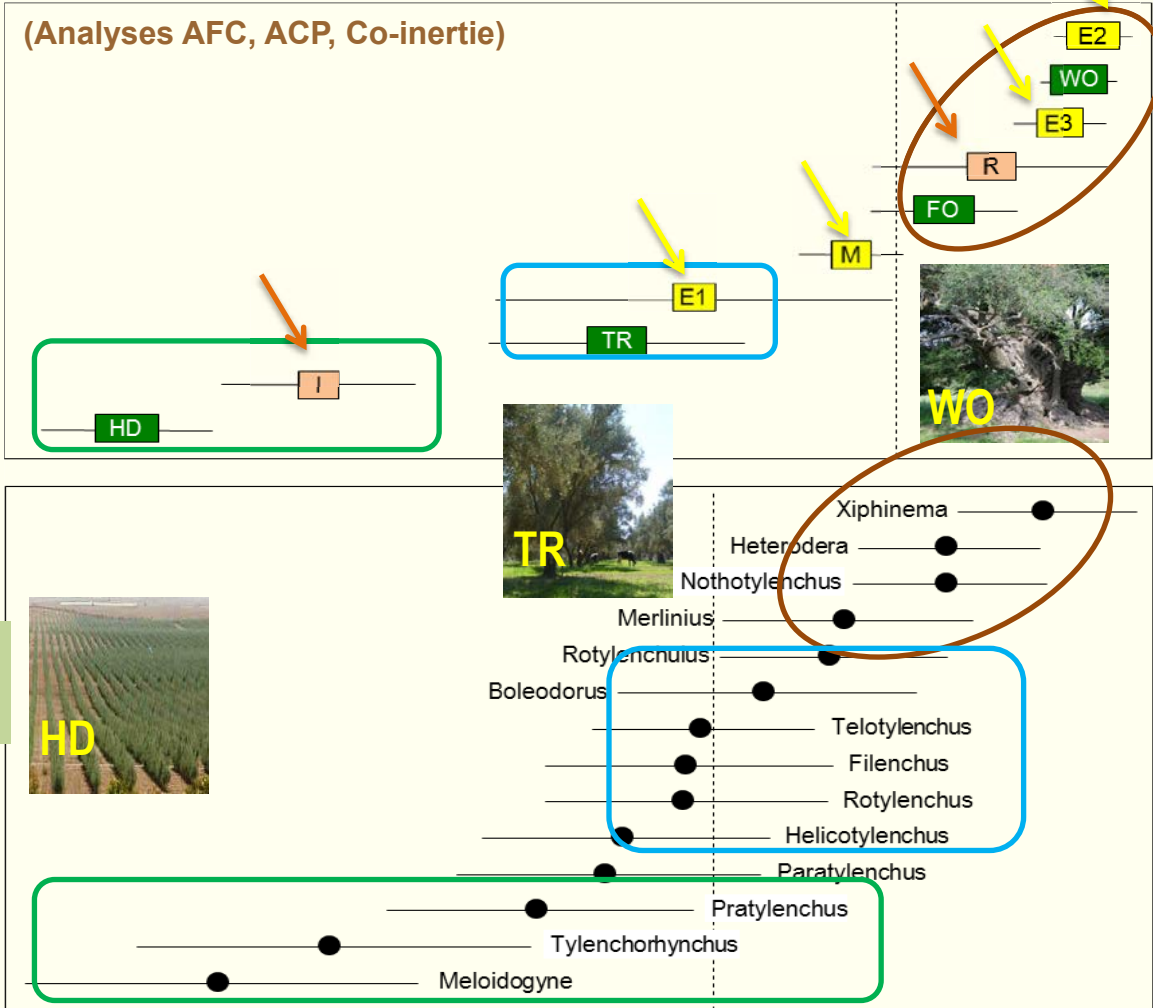
Co-structure des modalités conservées dans la co-inertie

✓ Domestication

✓ intensification

✓ Irrigation, Lignées chloro: Effet croisé avec celui des modalités

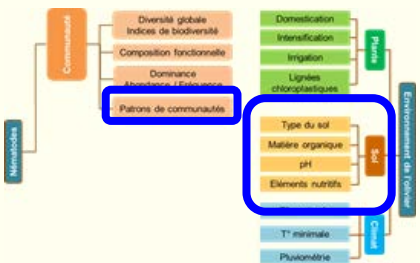
Olivier sauvage : peu perturbé favorise des NPP sensibles aux perturbations (*Xiphinema* = cp-5)



Olivier cultivé (HD): conditions perturbées sélectionnent des NPP colonisateurs, peu sensibles (*Meloidogyne*, *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus* = cp-3)



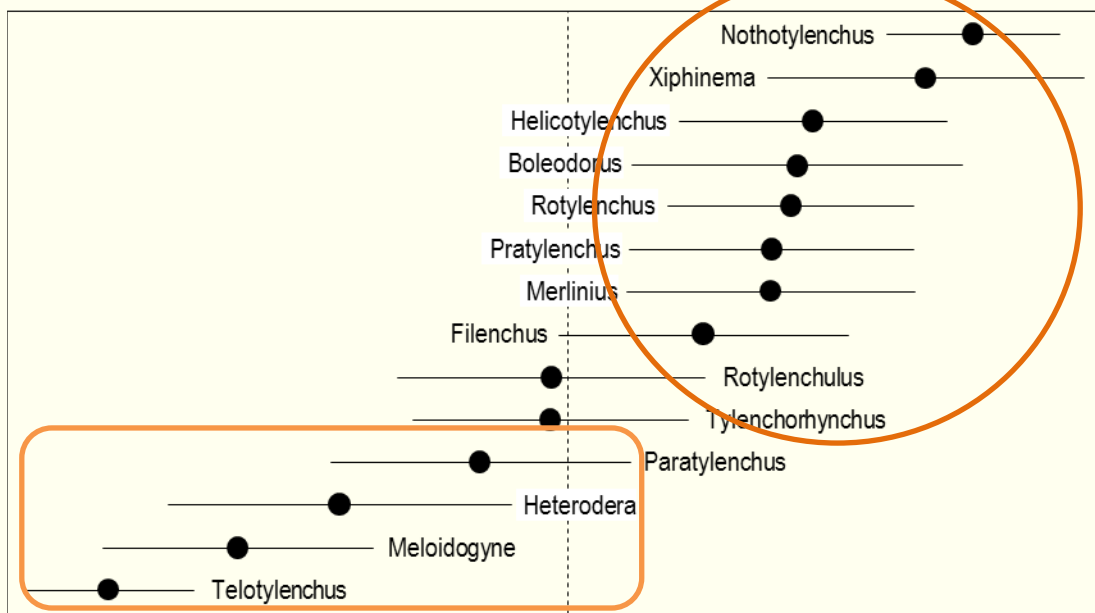
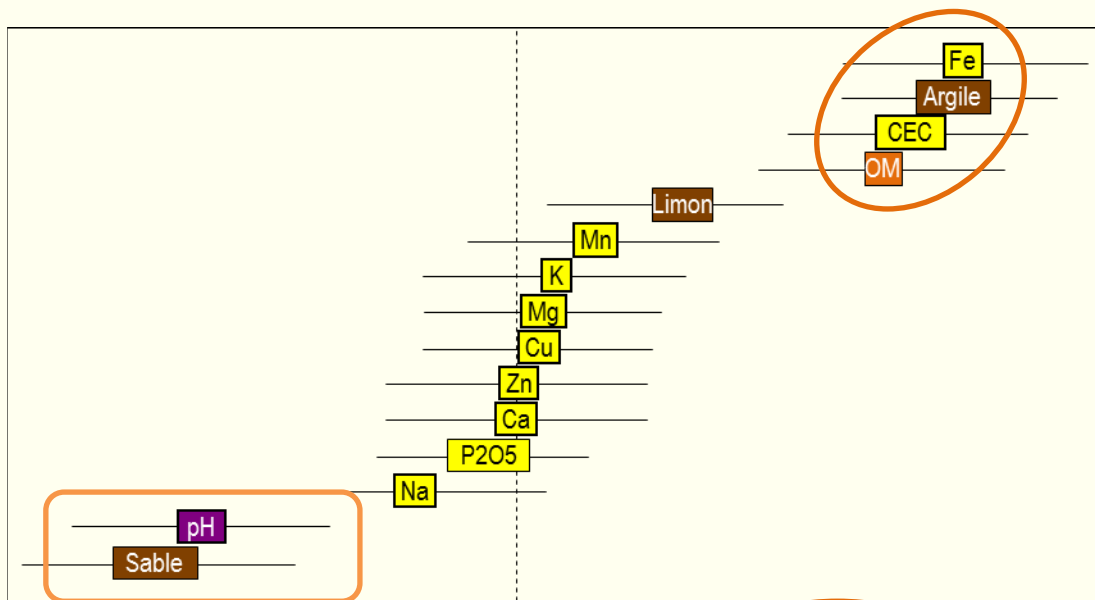
## Patrons des communautés x Sol



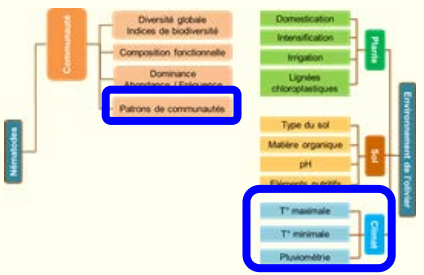
➤ Co-structures: texture du sol, OM, pH conservés dans la co-inertie

Nombreux taxons dans des sols argileux organiques (= sols des sites sauvages)

Sols des sites cultivés: sableux; basiques, dominés par des communautés structurées par *Telotylenchus*, *Meloidogyne*



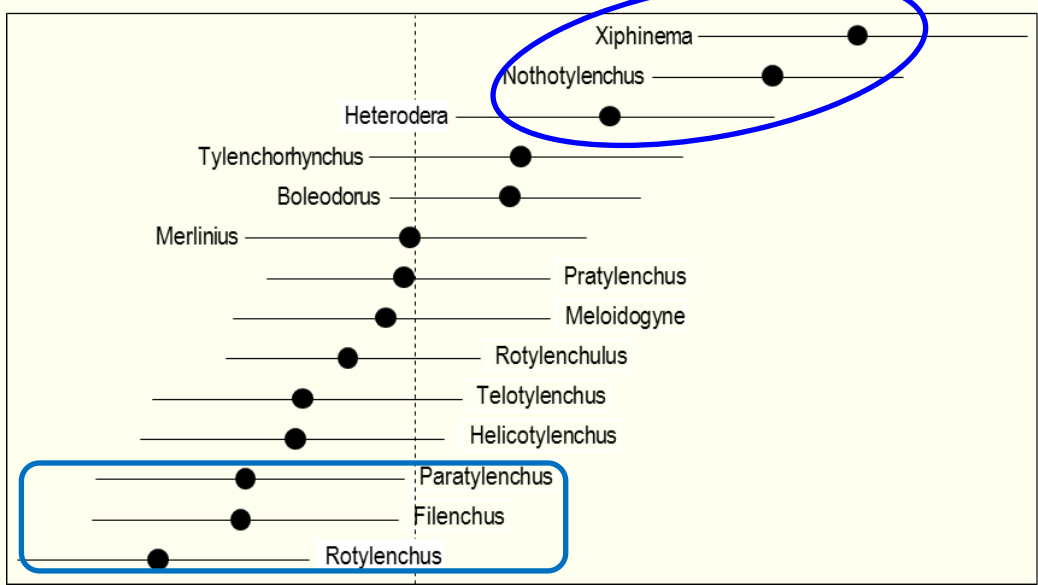
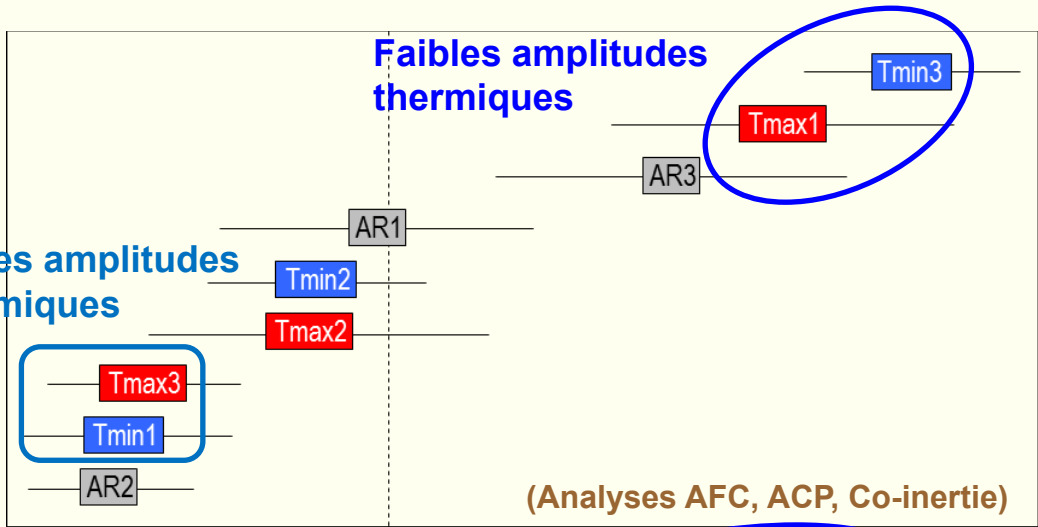
### Patrons des communautés x Climat

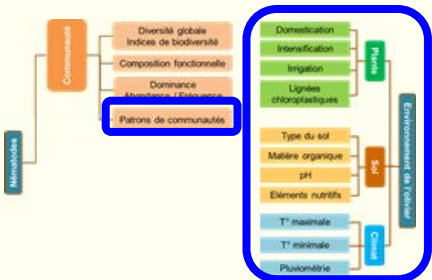


➤ Co-structures: gradient « Températures » conservé dans la co-inertie

Zones côtières tempérées = zones des oliviers sauvages: structure dominée par *Xiphinema*, *Nothotylenchus*, *Heterodera*

Zones continentales = zones des oliviers cultivés: structure dominée par *Rotylenchus*, *Filenchus*, *Paratylenchus*



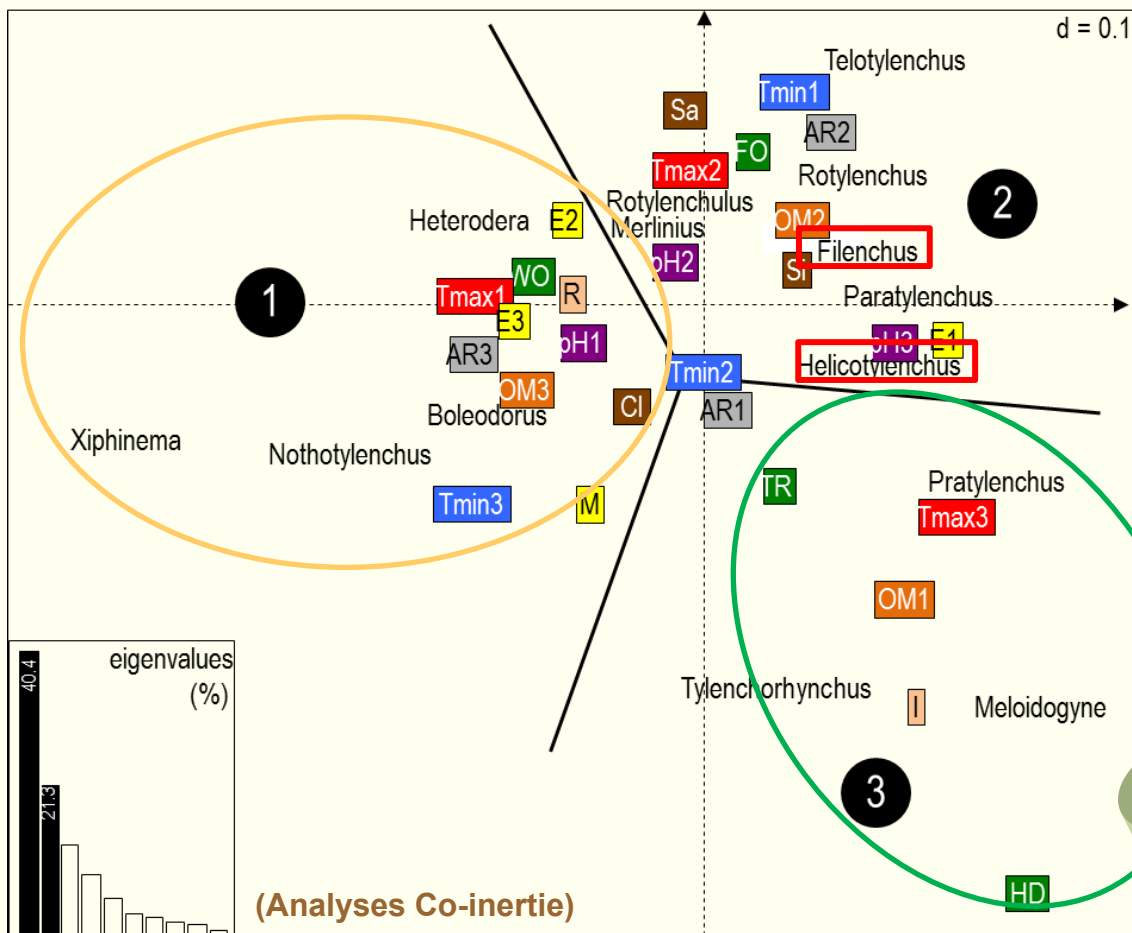


## Patrons des communautés : Conclusion

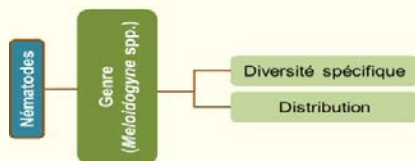
➤ Contribution des variables environnementales dans la structuration des communautés en patrons

➤ Effets croisés des variables => structure conduite par les modalités

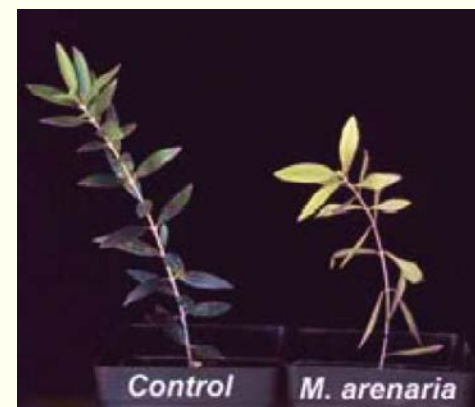
➤ Effets moins important sur *Filenchus*, *Helicotylenchus* => Dominance et large distribution sur l'olivier au Maroc et au niveau mondial (Ali *et al.*, 2014)



**3<sup>ème</sup> indication** du rôle des activités humaines « **domestication & intensification** » dans la structuration des patrons des communautés => **Structure pathogène sur HD**

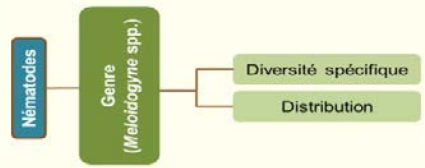


- Importance économique
- Large distribution mondiale
- Large gamme d'hôte (5500 plantes, Block *et al.* 2008)
  
- Sur olivier:
  - *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. incognita*, *M. hapla*, *M. beatica*, *M. lusitanica*,
  - Importance dans les pépinières et **dans les conditions d'intensification de la culture (HD)**.



Castillo *et al.*, 2010

- Disponibilité des techniques de diagnostic et d'étude de la diversité génétique.
- Facilité d'élevage et de manipulation au laboratoire.

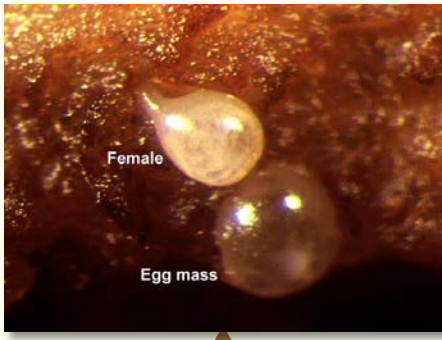


⇒ Multiplication sur tomate

26 échantillons susceptibles d'être infestés par *Meloidogyne*



→



Caractérisation biochimique (Estérases)



⇒ Analyse de la diversité spécifique:

- Distribution géographique au Maroc
- Contribution des variables environnementales

éclosion ↓

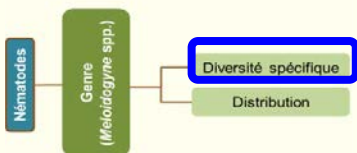


Diversité génétique :

- morphologique
- moléculaire

Diagnostic moléculaire (SCARS, D2D3)

### Diversité spécifique



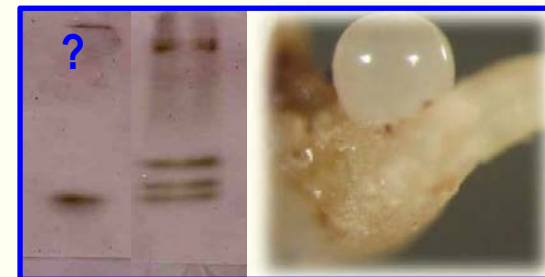
*M. javanica*

*M. arenaria*

*M. hapla*

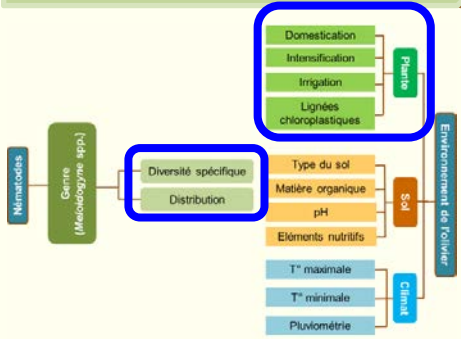
*M. spartelensis*

*Meloidogyne n.sp.*

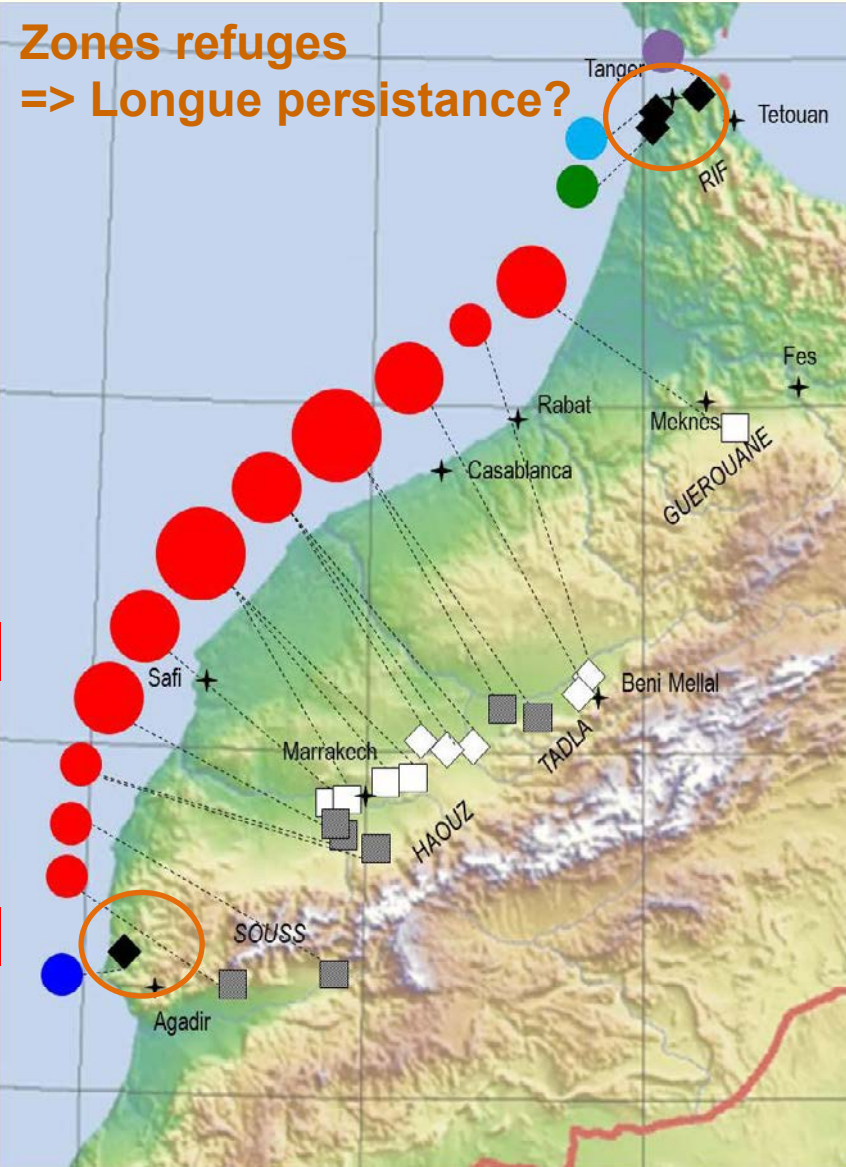


EST	PCR SCARS	PCR D2D3	Nb d'éch.	Espèce
J3	Bande à 670 pb	-	14	<i>M. javanica</i>
J2a	Bande à 670 pb	-	1	<i>M. javanica</i>
J3+J2a	Bande à 670 pb	-	1	<i>M. javanica</i>
J3+J2b	Bande à 670 pb	-	1	<i>M. javanica</i>
A2	Bande à 430 pb	-	1	<i>M. arenaria</i>
H1, H2	Pas d'amplification	<i>M. hapla</i>	1	<i>M. hapla</i>
S1	Pas d'amplification	<i>M. spartelensis</i>	1	<i>M. spartelensis</i>
Profil inconnu	Pas d'amplification	séquence ≠	1	<i>Meloidogyne n.sp.</i>

Diversité spécifique: Distribution géographique



- M. arenaria*
- M. hapla*
- M. spartelensis*
- Meloidogyne* n.sp.



Isolement, distribution localisée: absence des activités humaines

4<sup>ème</sup> indication du rôle des activités humaines: dispersion des *Meloidogyne*

Large distribution dans les zones cultivées: introduction depuis les pépinières, puis dispersion par l'homme

*M. javanica*

2524 Nem/dm<sup>3</sup>

7136 Nem/dm<sup>3</sup>

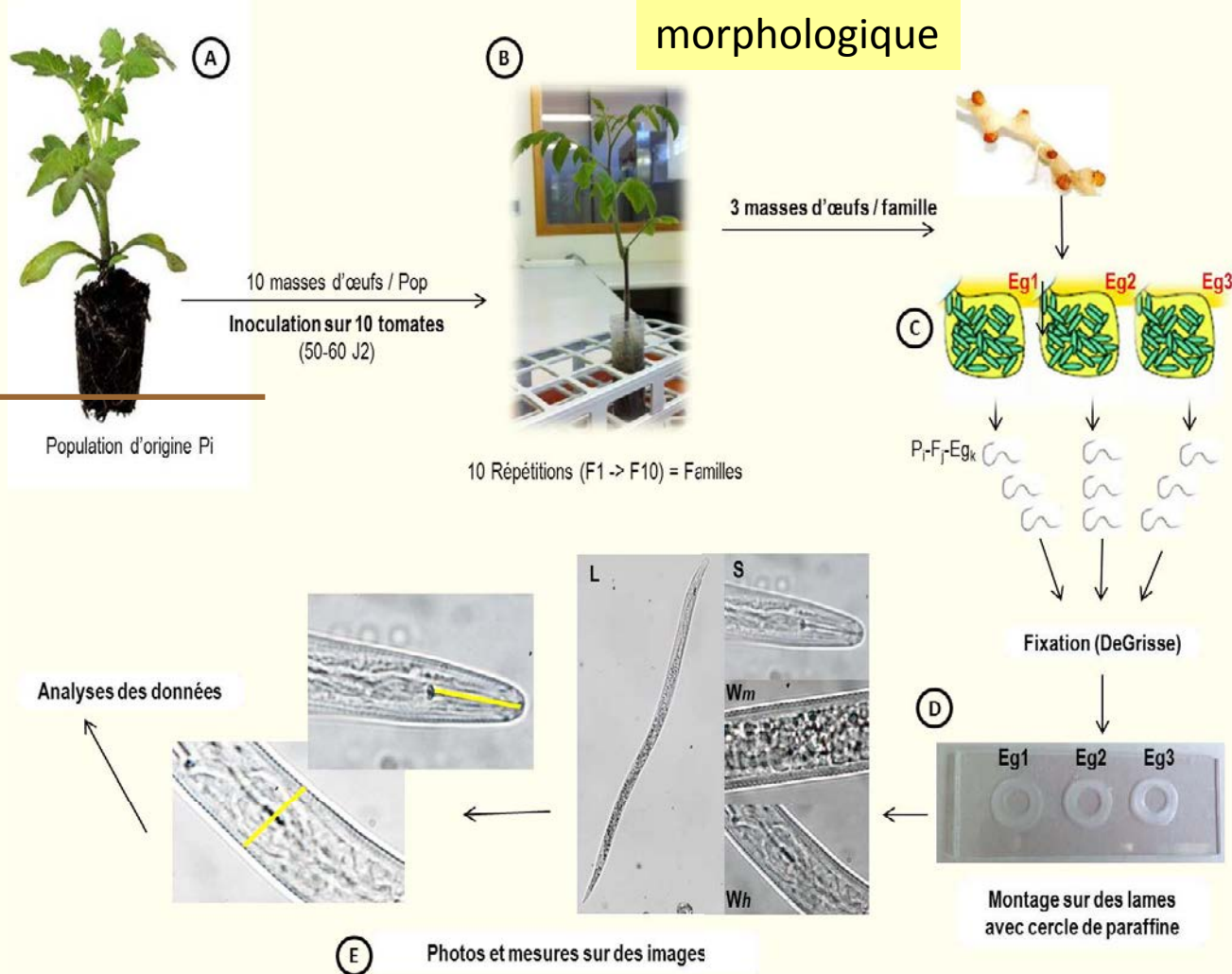
variance-to-mean ratio (VMR =  $\sigma^2/\mu$ ) > 1 => distribution agrégée et faible dispersion

Diversité génétique

morphologique

moléculaire

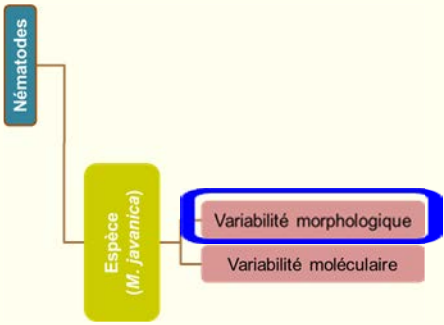
Analyses de séquences de COI, ITS2, 63R de 15 individus / population



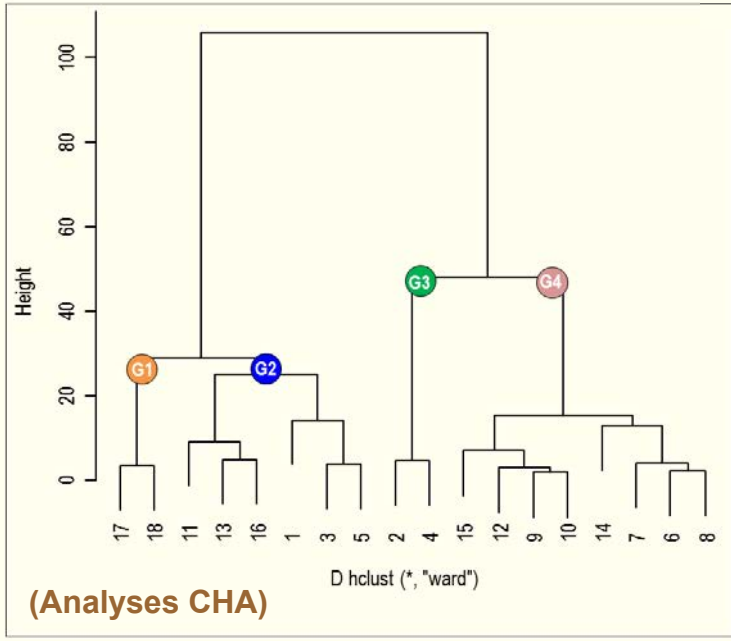
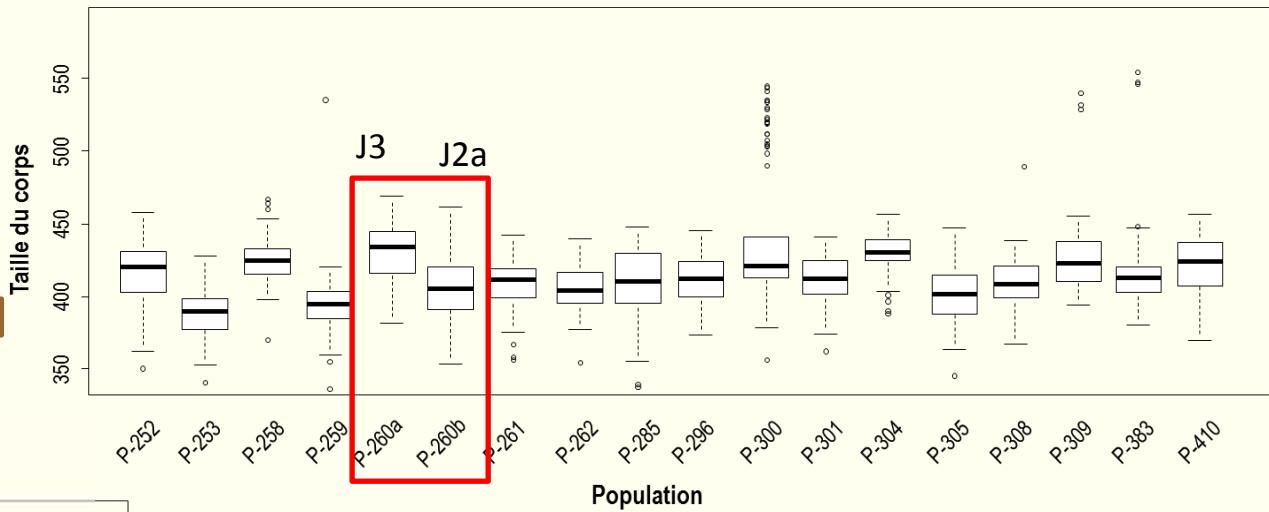
- Les traits morphologiques mesurés sur chaque J2: longueur du corps, du stylet, largeur du corps
- 1532 individus ont été mesurés



Diversité génétique (morphologique)



Variabilité intra et inter populations

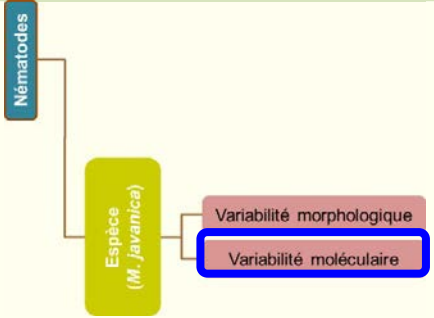


4 groupes morphotypes

Discrimination des groupes en fonction de taille du corps et du stylet

groupes	Longueur du corps (µm)		Longueur du stylet (µm)		Largeur du corps (µm)	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD
G1	418.05 a	18.62	13.25 a	0.29	11.65	0.25
G2	424.85 a	13.80	13.05 a	0.45	11.72	0.17
G3	391.67 b	5.064	12.68 b	0.43	11.71	0.29
G4	408.06 c	10.97	12.82 b	0.41	11.76	0.22
P-value	< 2.2e-16***		1.885e-06***		0.2888	

Pas de corrélations avec les facteurs environnementaux



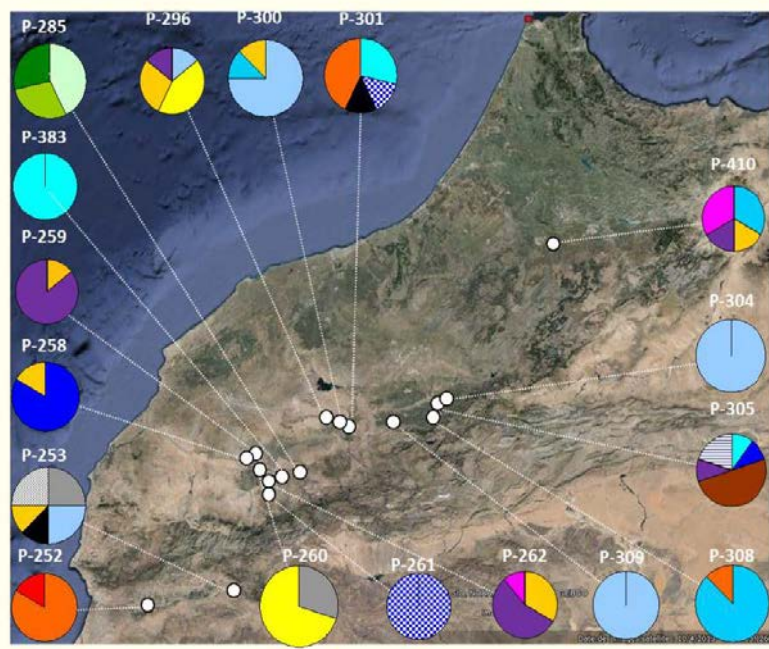
### Diversité génétique (moléculaire)

➤ Pas de différenciation entre populations avec COI, ITS2

➤ Diversité haplotypique à partir des séquences 63R

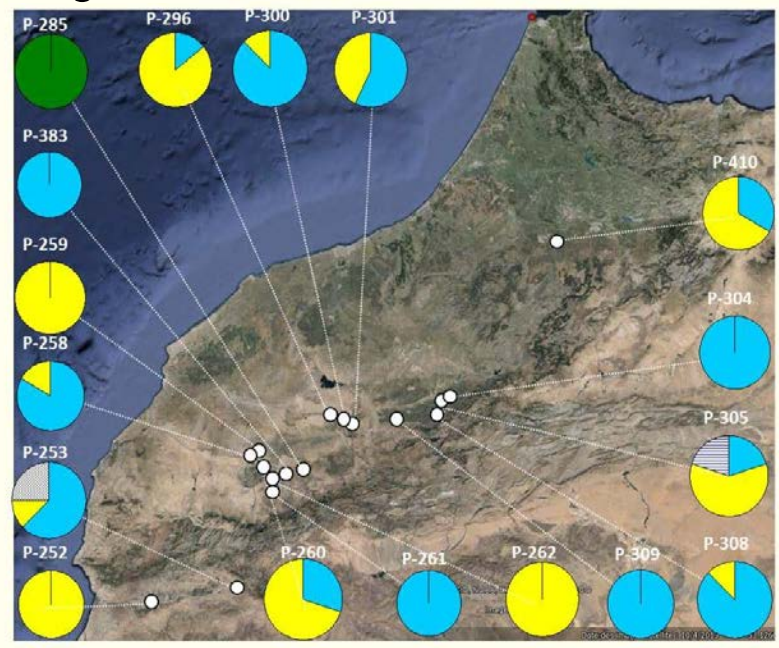
### 19 haplotypes identifiés

- Mj I-(7)
- Mj I-(8)
- Mj I-(9)
- Mj I-(10)
- Mj I-(11)
- Mj I-(12)
- Mj I-(14)
- Mj II-(8)
- Mj II-(9)
- Mj II-(10)
- Mj II-(11)
- Mj II-(12)
- Mj II-(13)
- Mj II-(14)
- Mj III-(8)
- Mj III-(10)
- Mj III-(11)
- Mj IV-(7)
- Mj V-(11)



### 5 lignées

- Mj I
- Mj II
- Mj III
- Mj IV
- Mj V



- Résultats à confirmer avec d'autres séquences:
  - validation des lignées (*Mj-IV*, *Mj-V*) détectées en nb faible d'individus
  - distribution des lignées
  - contournement du pb de l'hétéroplasmie

Communautés persistantes avec l'olivier:  
=> Communautés natives ou historiques??

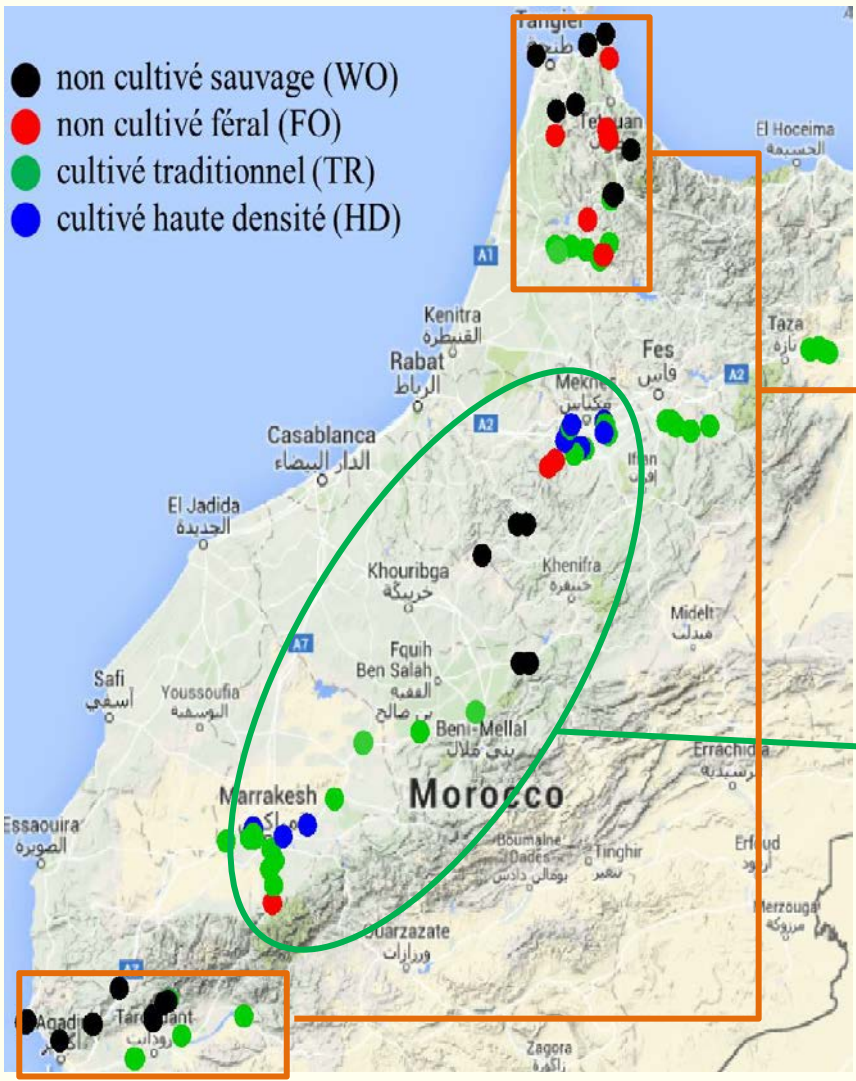


Refuges endémisme végétal « Rif-mountain »  
et « Souss Anti-Atlas » (Médail & Diadema, 2009)



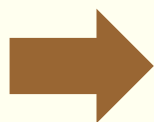
**Zones sauvages**  
Zones peu affectées par les activités  
humaines => communautés « stables » non  
perturbées => diversifiées

**Zones cultivées:**  
Pressions anthropiques: processus de  
sélection des NPP qui tolèrent les  
perturbations induites par les activités  
humaines.



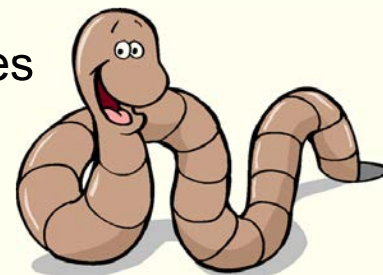


- Variabilité au sein de *M. javanica*: due à des forçages évolutifs?
- Contribution des traits biologiques tels que la fécondité des femelles, le taux d'éclosion des œufs dans la diversité génétique de *M. javanica*
- Adaptation aux conditions environnementales ou impactée par forçages imposés par les pratiques culturales (cas de HD)??



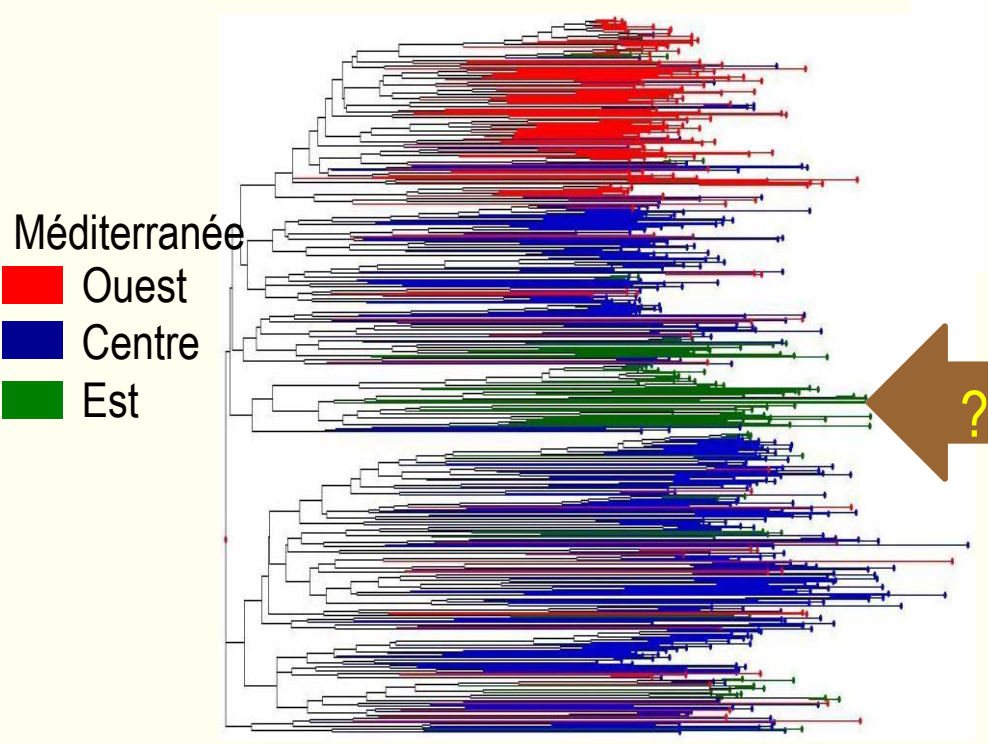
Comparaison variation neutre / adaptative:  $Q_{ST} / F_{ST}$

- Structuration de la variabilité génétique:
  - groupes morphologiques / des lignées de 63R? => distribution spatiale?
  - en fonction de la variabilité génétique des populations en pépinières?
- Analyse de la coexistence des espèces en communautés :
  - => Contribution de la variabilité d'un nématode sur la structure
  - => Contribution des interactions biologiques entre espèces (compétition)
- Corrélation entre les facteurs environnementaux et la distribution des espèces (SDM Species Distribution Modeling)
  - => prédire des niches potentielles d'une espèce considérée

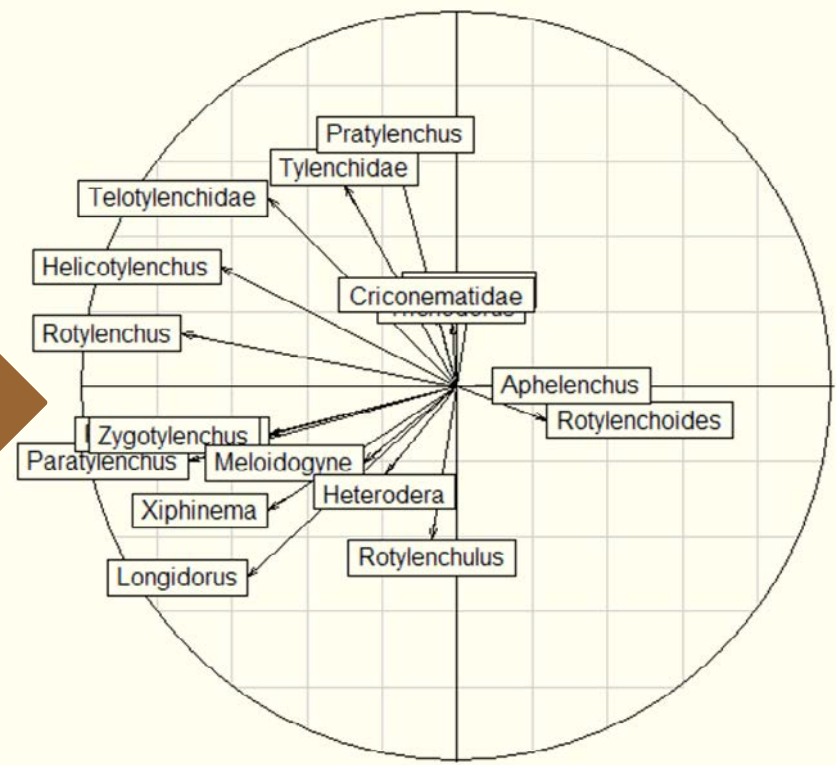


➤ Co-adaptation de l'olivier et de ses parasites au sein du Bassin Méditerranéen

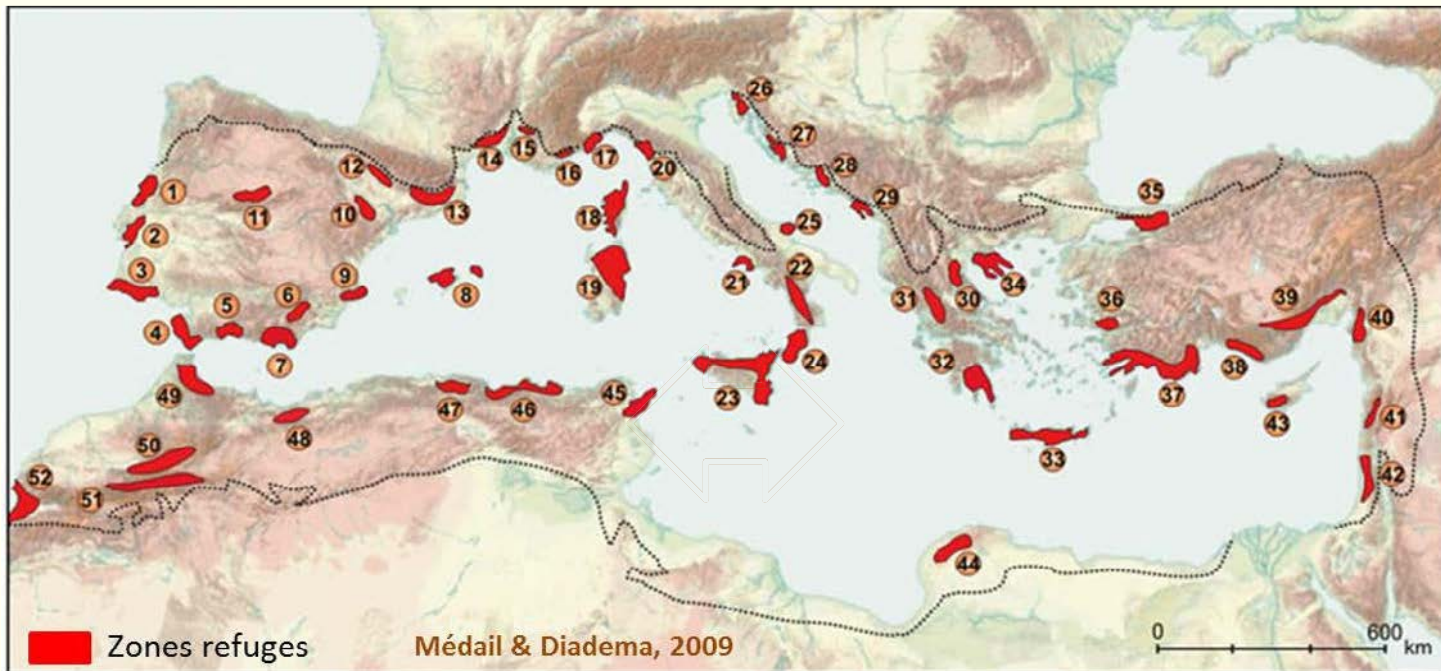
Diversité génétique de l'olivier



Diversité des communautés??



- Co-adaptation de l'olivier et de ses parasites au sein du Bassin Méditerranéen
- Analyse de la fragmentation de la diversité en communautés dans des zones refuges suite à des barrières naturelles (montagnes, détroits, etc.)



- Diversité des NPP: piloter les itinéraires techniques pour gérer la structure des communautés :
    - Sauvage = sources de résistance ?
    - Vergers HD:
      - Modification des IT (cultures associées, ...)
      - Modification des pratiques culturales (amendement organique, enherbement, ...)
- 38 ■ Protection biologique (mycorhisation des oliviers, ennemis naturels, ...)

## Remerciements...

- Président et Membres du jury
- Direction de thèse: T. Mateille (IRD, UMR CBGP, Montpellier),
- Encadrement de thèse: E. Chapuis (IRD, UMR IPME, Montpellier)
- J. Tavoillot, O. Fossati (IRD, UMR CBGP, Montpellier)
- P. Castillo, J.E. Palomares-Rius (IAS-CSIC, Cordoba, Espagne)
- B. Khadari (SUPAGRO, UMR AGAP Montpellier)
- G. Besnard (CNRS, UMR EDB, Toulouse)
- S. Bellafiore (IRD, UMR IPME, Montpellier)
- Pr. A. El Mousadik (Univ. Agadir, Maroc)
- Pr. M. Ater (Univ. Tétouan, Maroc)
- A. Moukhli (INRA Marrakech, Maroc)
- E. Dmowska & G. Winiszewska (CBE-PAN, Lomianki, Pologne)
- Comité de thèse
- Direction, administration de l'UMR CBGP
- Bureaux des études doctorales à SupAgro, à ED GAIA (ex. Sibaghe)
- Collègues du CBGP
- Amis: très nombreux pour être cités

## Financements

- Université de Lattaquié (Syrie)
- Projet PESTOLIVE (ARIMNet EU-RTN 2013-2016)

Ma famille en Syrie: ma mère, mon père en particulier





**Merci de  
votre  
attention!!**

