

Phénotyper l'underground pour sélectionner des
variétés permettant le stockage de C dans les sols
(ex. du Mil et 4 pour 1000)

Thierry HEULIN

*LEMIRE, UMR 7265 CNRS-CEA-Aix-Marseille Université,
CEA Cadarache, 13108 Saint-Paul-lez-Durance
FR ECCOREV Arbois, Aix-en-Provence*



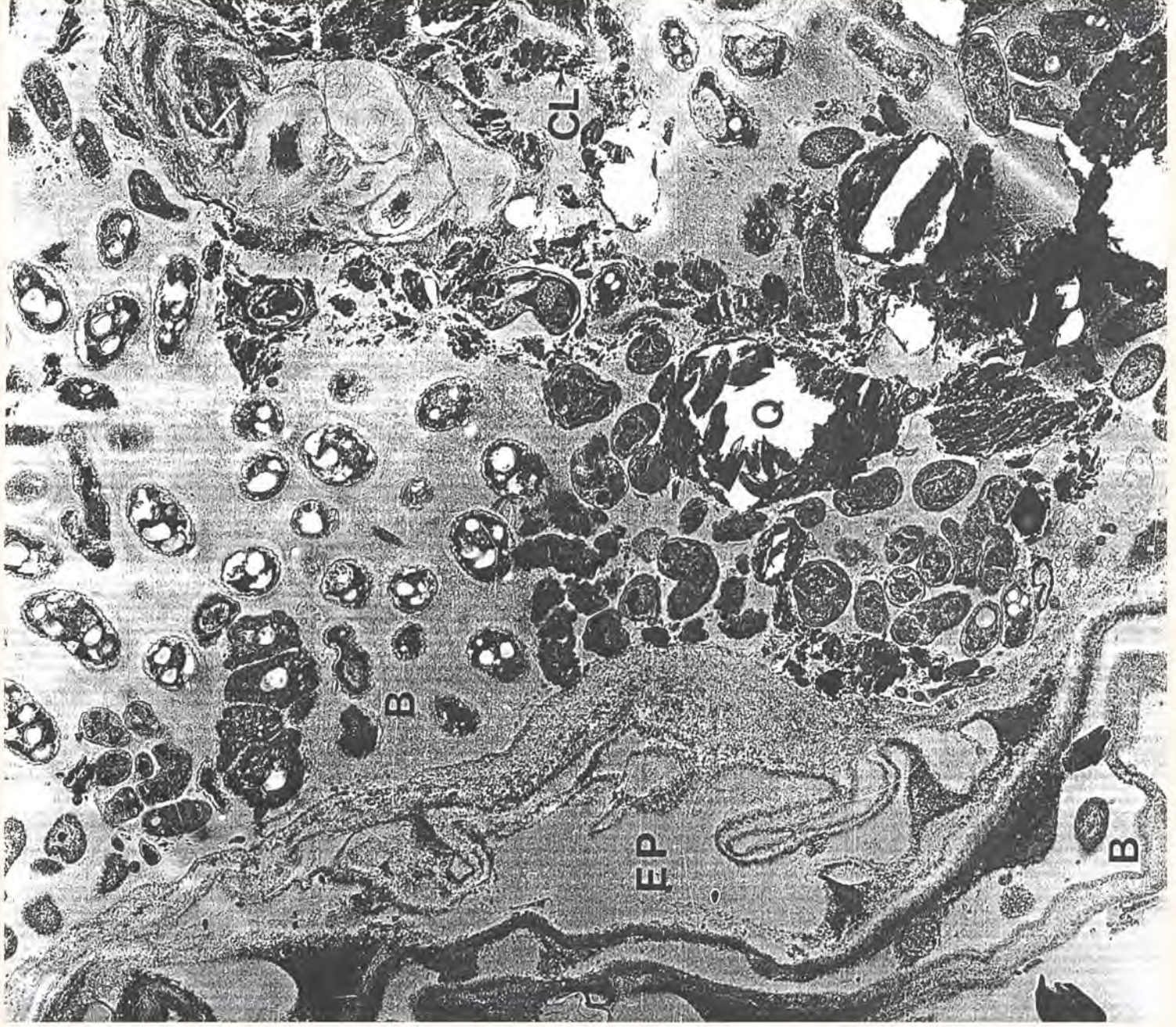
La **rhizosphère** est l'étroite zone de **sol** soumise à l'influence des **racines vivantes**, se manifestant par l'exsudation de substances affectant l'activité microbienne.

Lorenz HILTNER (1904)

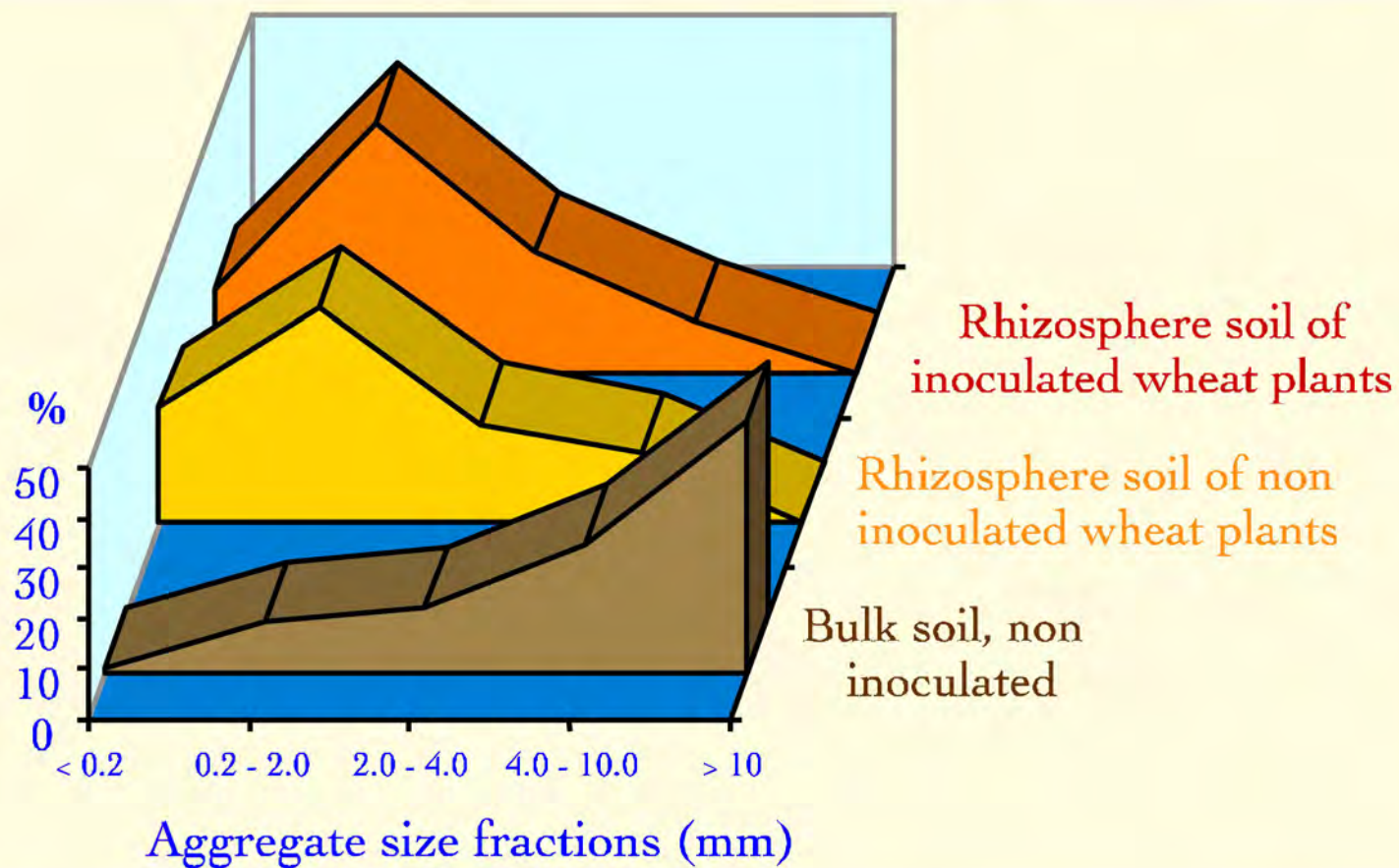


Système racinaire de blé
au stade tallage

Rhizosphère du lupin observée au MET (Foster & Rovira, 1978)



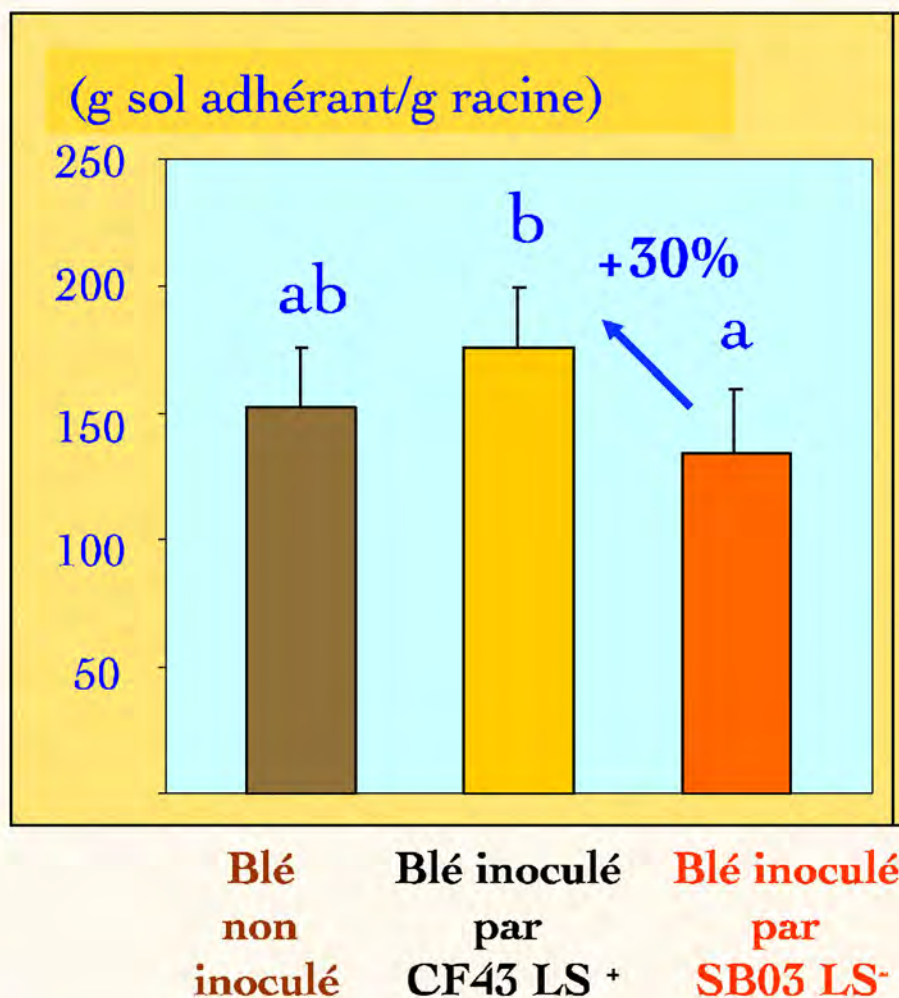
Effet de l'inoculation de *P. polymyxa* CF43 sur la distribution en taille des agrégats de sol



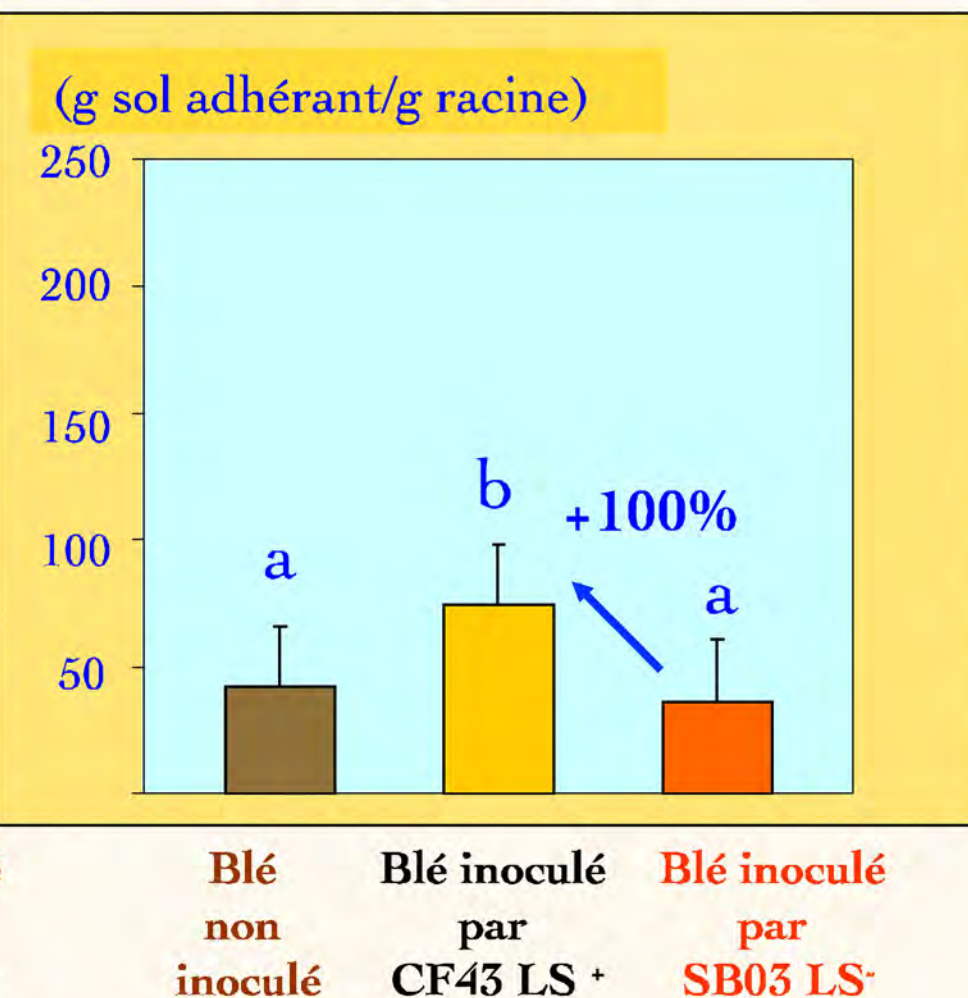


Effet de *P. polymyxa* CF43 et de son EPS (lévane) sur la quantité de sol adhérant aux racines de blé

Sol d'Orgeval



Sol de Dieulouard





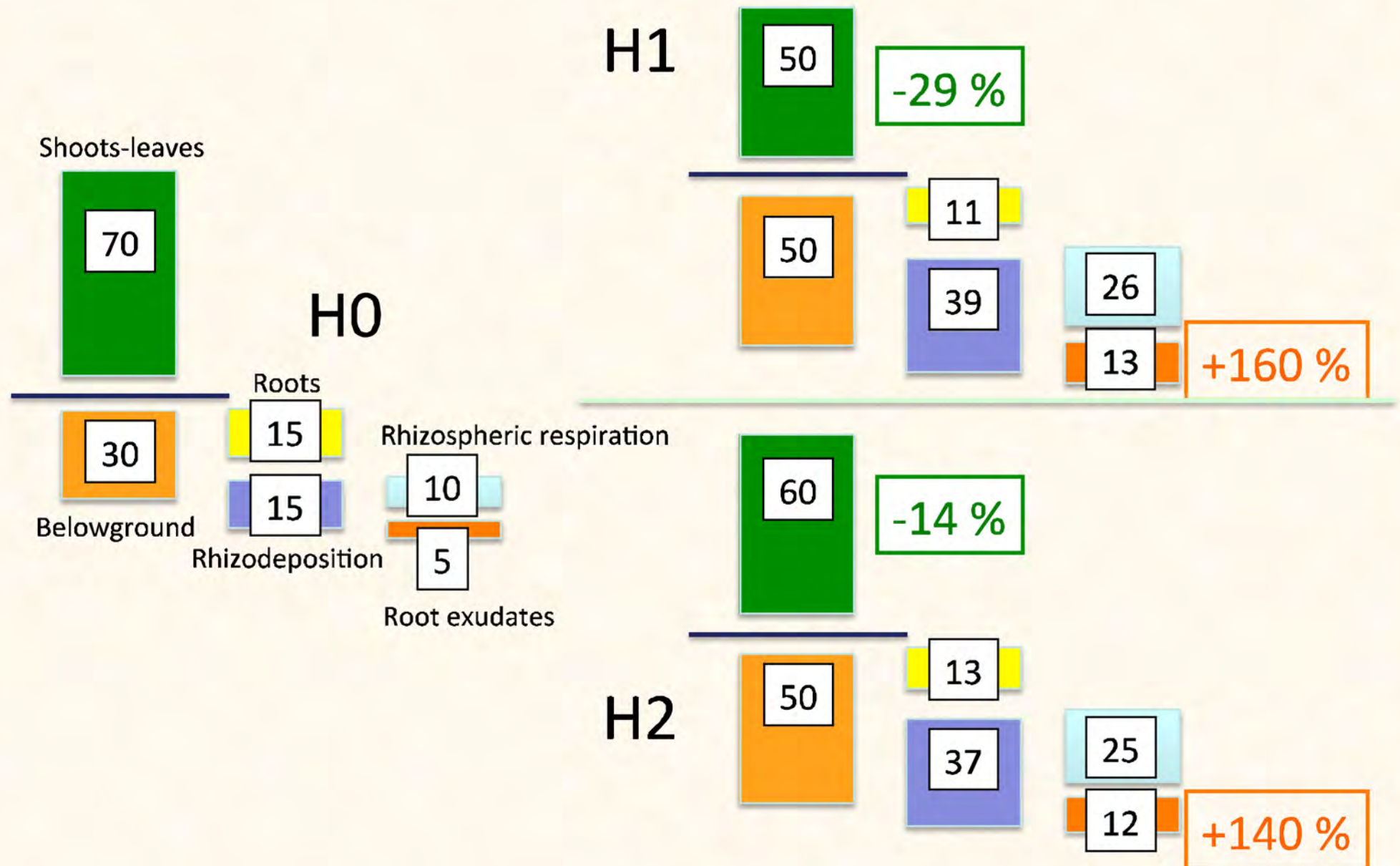
Phénotypage d'écotypes d'*A. thaliana* sur la formation de sol adhérent aux racines

Post-doctorat d'Asma LODHI



Plantule d' *Arabidopsis thaliana* (âgée de 7 semaines) et son sol adhérent aux racines
(LEMIRE, 2000)

Hypothèses "Bilan de C dans le système sol-plante"



NewPearl

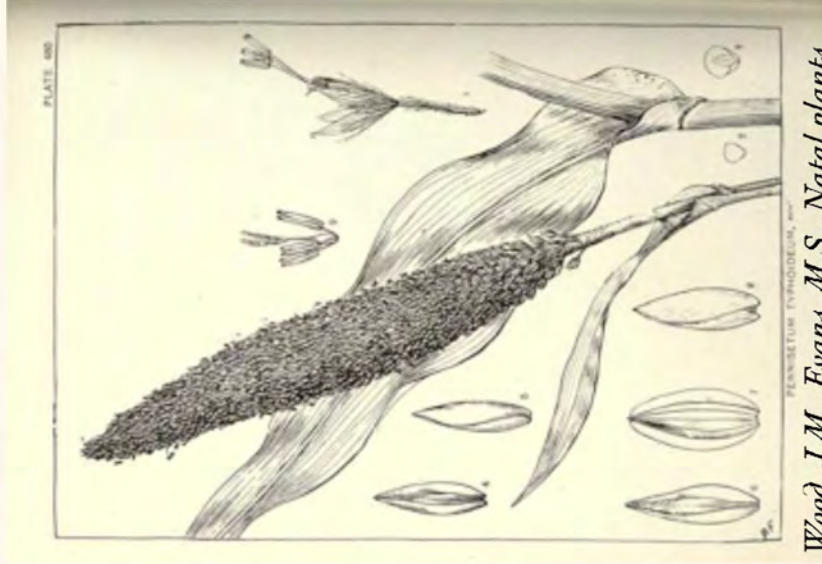
***Combining new phenotyping
approaches and next generation
sequencing to accelerate breeding in
pearl millet, an orphan cereal from
arid regions***

Dr Francesca Sparvoli & Dr Laurent Laplaze

Project FC 2013-0891 & AF 1301 - 015

Pearl millet

Pennisetum glaucum



Wood, J.M., Evans, M.S., Natal plants,
vol. 5: t. 480 (1904-1908)





Pearl millet

Pennisetum glaucum



Wood, J.M., Evans, M.S., Natal plants,
vol. 5: t. 480 (1904-1908)

A crop for the future: Pearl millet *Pennisetum glaucum*



Wild pearl millet



Cultivated pearl millet



Domestication: 4500 years ago in West Africa

Orphan cereal: Genome size: ~1.8 GB (Varshney *et al.* 2017; submitted)

~40 000 genes

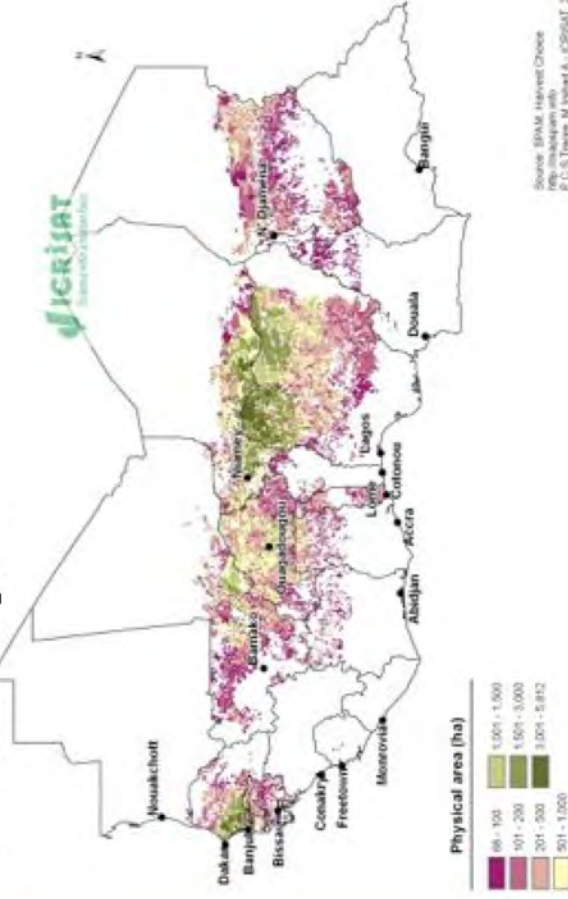
highly cross-pollinated diploid $2n=2x=14$

Croplands: world but mostly India and Africa

Pearl millet



15–18 M ha/year



770-980 kg/ha





Objectives

⇒ breeding of new pearl millet varieties with better adaptation to environmental stresses and increased nutritional qualities

Target traits:

• *Root traits*

- Root architecture
- **Root exudation**

• *Grain quality traits*

- Micronutrients
- Phytate
- Goitrogen (c-glucosyl-flavones)



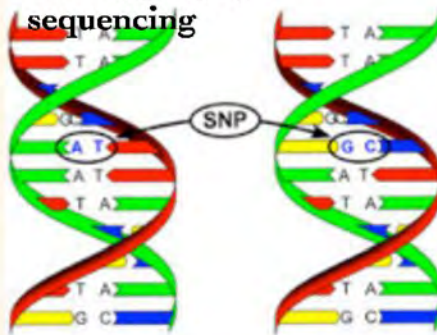


Project overview

Genetic diversity pannel
(188 inbred lines)

Genotyping

Genotyping by
sequencing

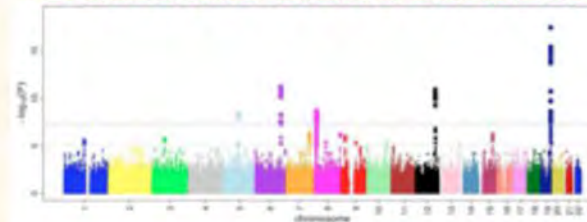


Phenotyping

Root devlpt Root exudation Seed
traits



Genetic association



**Genomic regions
controlling interesting
traits**

**Relation between
traits**



Objectives

Breeding of new pearl millet varieties with better adaptation to environmental stresses



Root
system



Pearl Millet Genetic Traits Shape Rhizobacterial Diversity and Modulate Rhizosphere Aggregation

Papa M. S. Ndour^{1,2}, Mariama Gueye¹, Mohamed Barakat³, Philippe Ortet³, Marie Bertrand-Huleux³, Anne-Laure Pablo⁴, Damien Dezette⁴, Lydie Chapuis-Lardy⁴, Komi Assigbetsé¹, Ndjido Ardo Kane⁵, Yves Vigouroux⁶, Wafa Achouak³, Ibrahima Ndoeye², Thierry Heulin^{3†} and Laurent Cournac^{1*†}

¹ IRD, UMR Eco&Sols, LMI IESOL, Centre de recherche ISRA-IRD, Dakar, Sénégal, ² Département de Biologie Végétale, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, ³ Aix Marseille Université, CEA, CNRS, UMR7265, LEMIRE, Laboratoire d'Ecologie Microbienne de la Rhizosphère et Environnement extrêmes, ECCOREV FR3098, F-13108 St Paul Les Durance, France, ⁴ Eco&Sols, Cirad, INRA, IRD, Montpellier SupAgro, Université de Montpellier, Montpellier, France, ⁵ Laboratoire National de Recherches sur les Productions Végétales, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre de Recherche de Bel Air, Dakar, Senegal, ⁶ IRD UMR DIADE, Montpellier, France

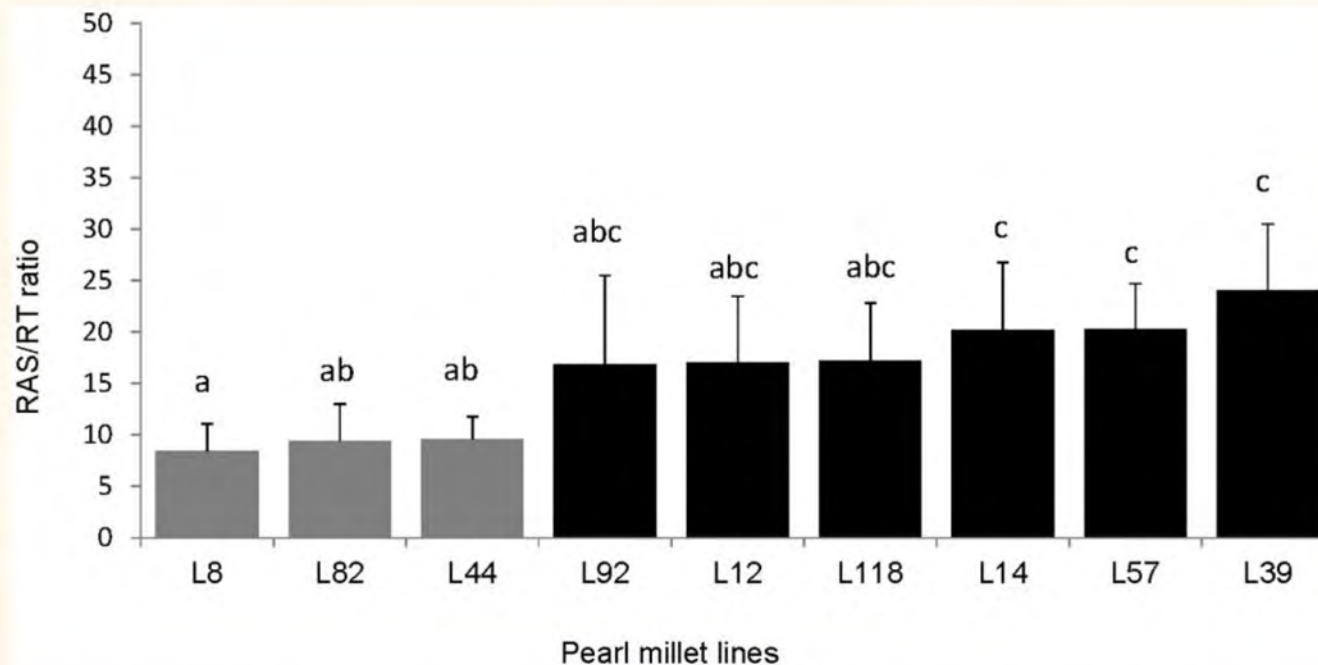


FIGURE 2 | Comparison of root-adhering soil (g dm) per root tissue mass (g dm) (RAS/RT ratio) of the 9 pearl millet inbred lines ($n = 10$ per line) which were selected from the 16 lines for their low (gray) vs. high (black) ratio. The bars on the histogram represent the standard deviations. Different letters indicate significant differences with Tukey's Honest Significant Difference test ($p < 0.05$).

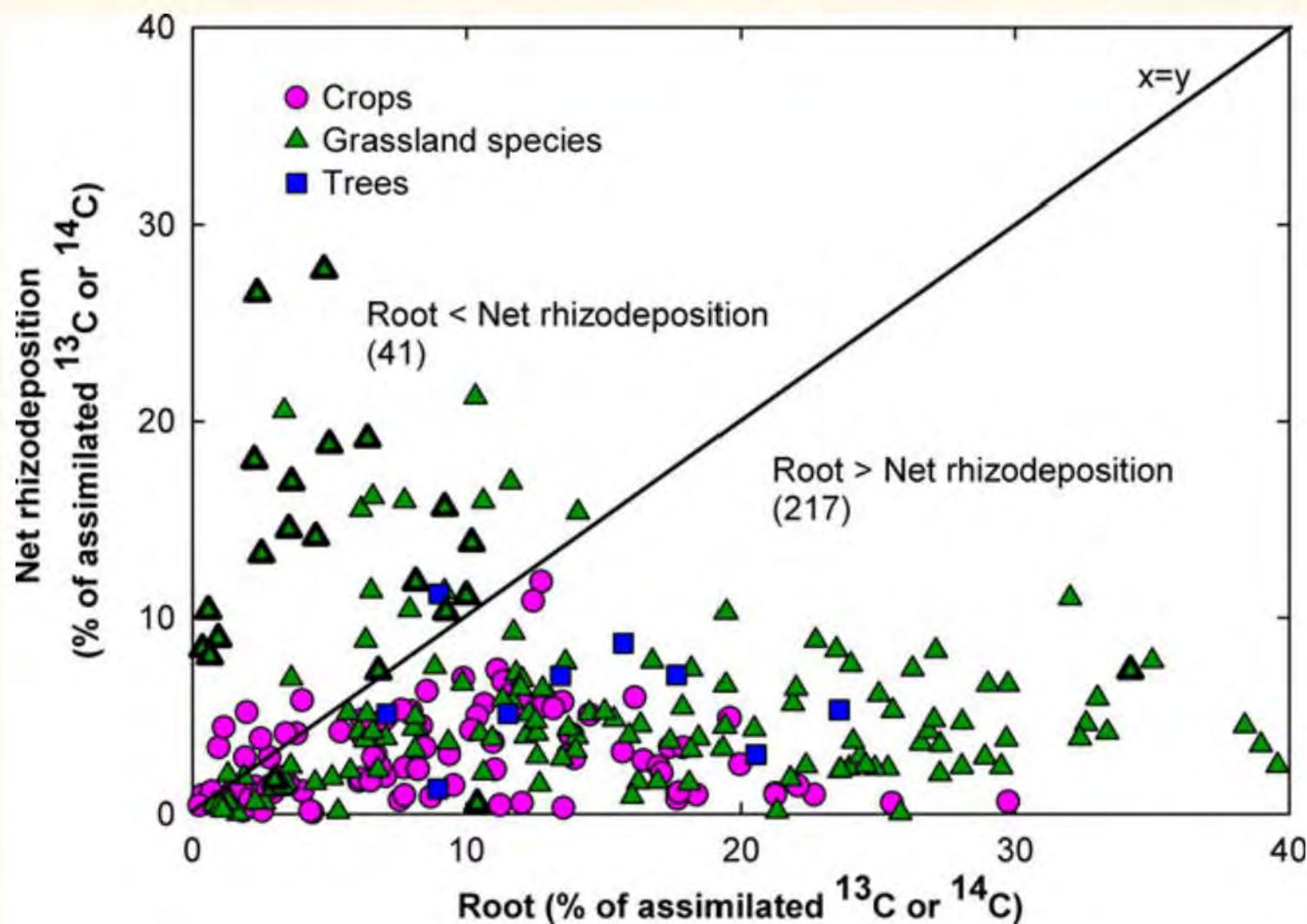


FIGURE 5 Relationship between C allocated to roots and net rhizodeposition as % of total assimilated $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$, from 258 data sets at sampling times >1 day after labeling. For most data sets

REJOIGNEZ L'INITIATIVE 4 POUR 1 000

Les sols
pour la sécurité
alimentaire
et le climat



En s'appuyant sur une documentation scientifique solide et des actions concrètes sur le terrain, l'initiative « 4 pour 1 000 » vise à montrer que **sécurité alimentaire et lutte contre les dérèglements climatiques sont complémentaires** et à faire en sorte que l'agriculture apporte des solutions. Cette initiative consiste en une coalition d'acteurs volontaires dans le cadre du Plan d'action Lima Paris (LPAA) soutenue par un programme de recherche ambitieux.

Ministre de l'Agriculture, de
l'Agroalimentaire et de la Forêt

Porte-parole du Gouvernement

Enrichir les sols en matières organiques pour contribuer à la sécurité alimentaire, à l'adaptation au changement climatique et à l'atténuation de celui-ci

—

Stéphane LE FOLL, Ministre de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Porte-parole du Gouvernement participait mardi 17 mars à la conférence scientifique internationale « Agriculture intelligente face au climat ».

A cette occasion, Stéphane LE FOLL a annoncé la **mise en place d'un programme de recherche international, le « 4 pour 1000 », dont l'objectif est de développer la recherche agronomique afin d'améliorer les stocks de matière organique des sols de 4 pour 1000 par an.** Une telle augmentation permettrait de compenser l'ensemble des émissions des gaz à effet de serre de la planète. Inversement, une diminution de 4 pour 1000 déboucherait sur un doublement des émissions.

La séquestration du carbone dans les sols agricoles est une des contributions de l'agriculture et de l'ensemble du secteur des terres, dont la forêt, à l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre. A ce titre, l'Union européenne s'est fixé un objectif de réduction à l'échelle européenne d'au moins 40 % des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 par rapport à 1990.

Lors de son intervention, le Ministre réaffirmé que l'agriculture devait faire l'objet d'une prise en compte spécifique dans le cadre de la « Conférence Paris climat 2015 ».

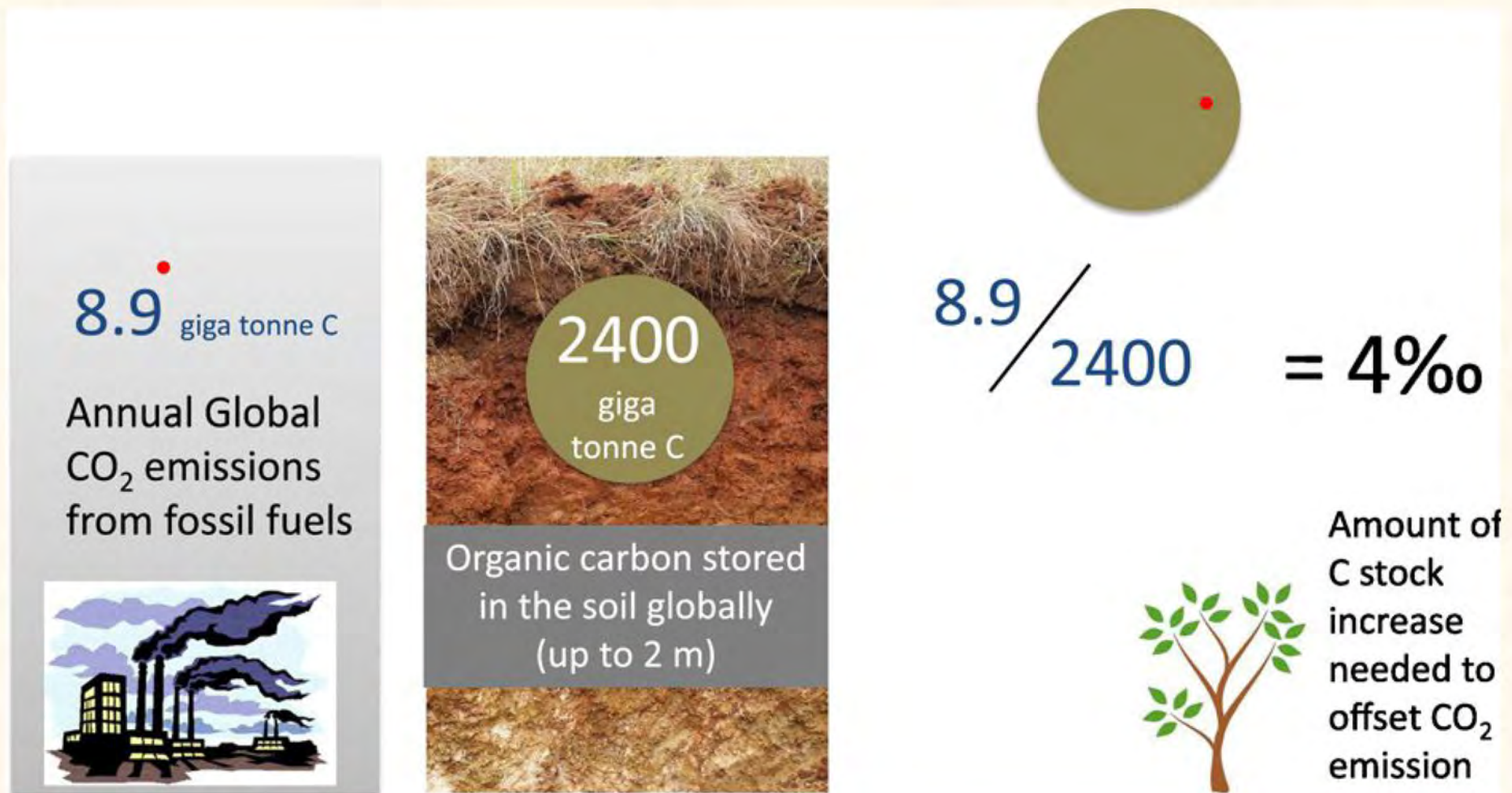


Fig. 1. The 4 per 1000 soil carbon sequestration initiative (adapted from [Ademe, 2015](#)).

Ont contribué à ces travaux...

Wafa	ACHOUAK	CR CNRS, resp. LEMiRE
Catherine	SANTAELLA	CR CNRS
Odile	BERGE	CR CNRS
Jérôme	BALESDENT	DR INRA
Mohamed	BARAKAT	IR CNRS
Christine	MAROL	Ing CEA
Géraldine	BRANDELET	TS CEA
Laurent	GOUZOU	Thèse
Younes	ALAMI	Thèse
Najat	AMELLAL	Thèse
Valérie	COHEN	Thèse
Mathieu	SCHUE	Post-doc