



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore



## *Rivegetazione e recupero delle funzionalità ecologiche del suolo*

---

*Edoardo Puglisi, PhD*

*Facoltà di Scienze Agrarie Alimentari ed Ambientali*

*Università Cattolica del Sacro Cuore*

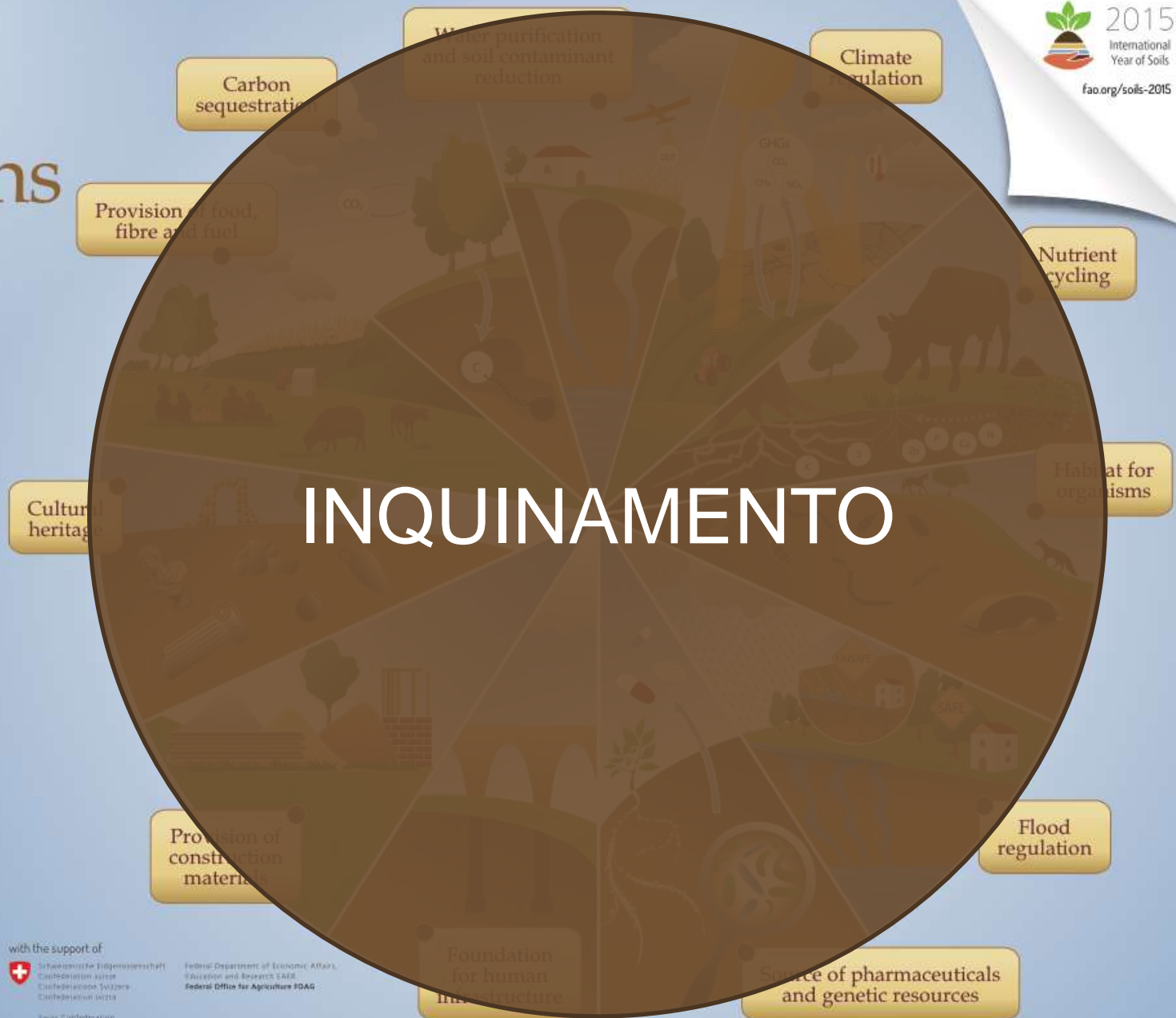
*edoardo.puglisi@unicatt.it*



LIFE15 ENV/IT/000396

# Soil functions

Soils deliver ecosystem services that enable life on Earth



## **Cos'è la qualità del suolo?**

*“la capacità di uno specifico suolo di funzionare all'interno dei confini di ecosistemi naturali o antropizzati, di sostenere la produttività di piante ed animali, di mantenere o migliorare la qualità dell'acqua e di supportare la salute dell'uomo”*

## **Quali sono le cause di riduzione di qualità del suolo?**

- Inquinamento, erosione, cementificazione, riduzione della biodiversità

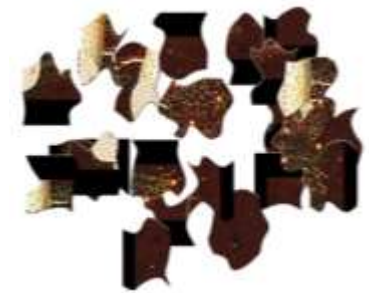
## **Come misurare la qualità del suolo?**

- La funzionalità ecologica di un suolo è la risultante di una interazione tra le sue componenti fisiche, chimiche e biologiche
- Un singolo parametro non è mai sufficiente, occorrono indicatori multivariabile

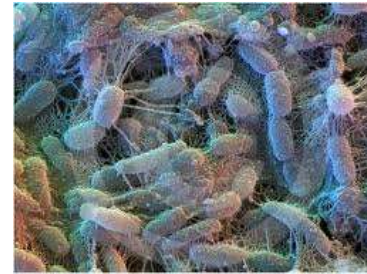
# I microorganismi e la funzionalità ecologica del suolo

## Cosa fanno?

- Decomposizione della sostanza organica
- Ciclo dei nutrienti
- Fissazione dell' $N_2$
- Soppressione delle malattie delle piante
- Miglioramento della struttura del suolo
- Biodegradazione degli inquinanti
- Emissioni di gas serra



## Chi sono? Quanti sono ?



La biomassa microbica in 1 ha di suolo pesa circa come una vacca

Dotazione microbiologica di un g di suolo di buona qualità:

- Oltre 1 miliardo di cellule
- Centinaia di migliaia di specie microbiche

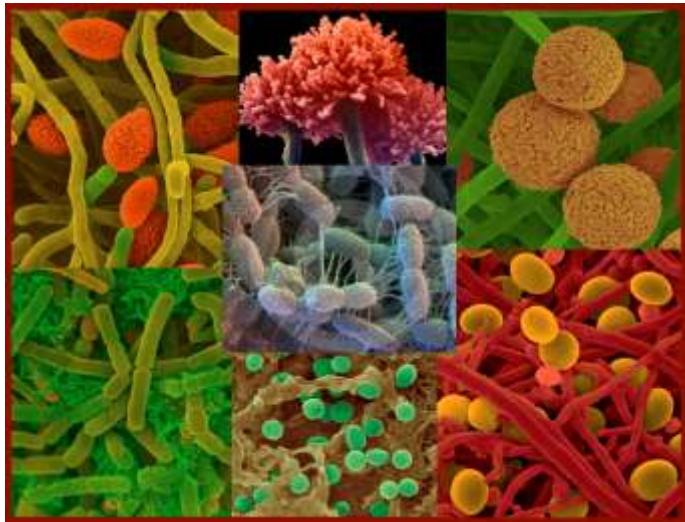
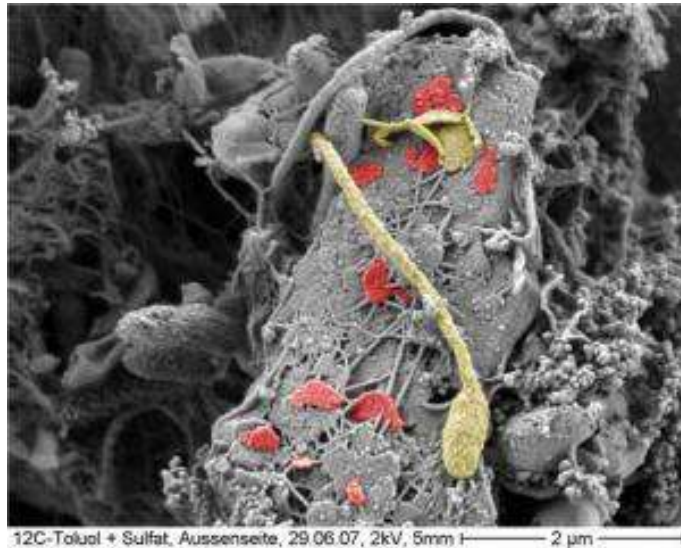


**SOIL** =

A mixture of minerals, air, water, dead and rotting remains of plants and animals (organic matter) and LOTS of living organisms! Soil is alive... it has

There are more organisms in one shovel full of soil than all of the people living on planet Earth.

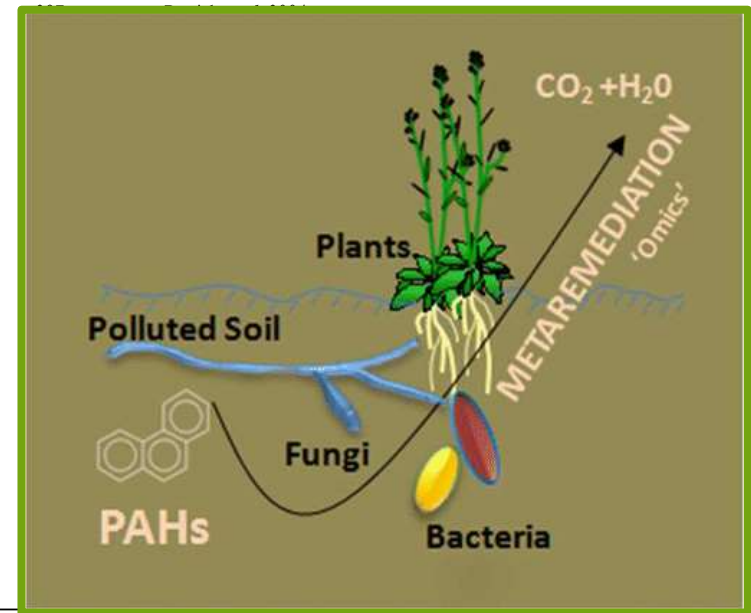
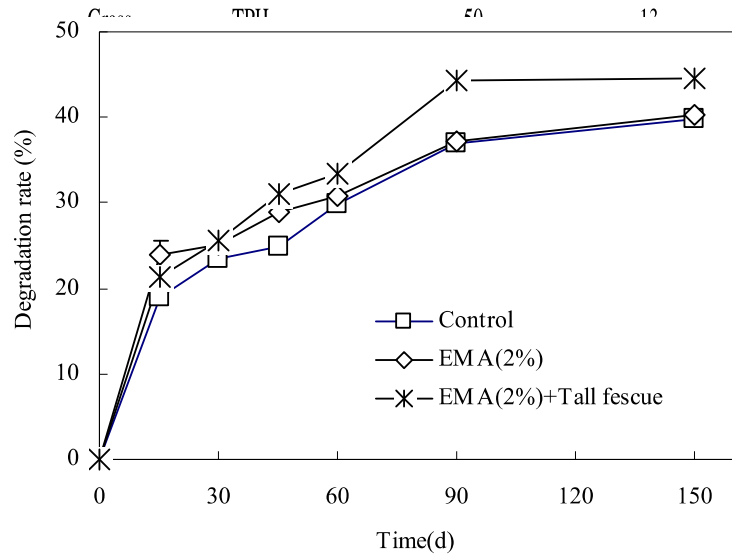
# Interazioni biologiche nel suolo: batteri, funghi, piante rendono il suolo un ambiente vivo che supporta la vita



# Il contributo delle piante alla decontaminazione del suolo

**Table 1** Relative effectiveness of trees and grasses in rhizoremediation of petroleum. TPH and PAH reductions in the planted treatment are compared to an unplanted control, and percent (%) changes were normalized per month of study. Some initial concentrations and decreases are averages of multiple species or multiple contaminants within a study.

Vegetation	Contaminant	Difference in % decrease (Planted minus unplanted)	Time (months)	Decrease (%) per 30 days	Pot/Field	Spiked/Aged	Initial concentration (mg/kg)	Reference
Tree	PAH	24.5	3	8	pot	aged	1.4	Hultgren <i>et al.</i> 2010
		7	18	2		aged	945	Spriggs <i>et al.</i> 2005
Grass	PAH	50	3	17	pot	spiked	100	Balcom and Crowley 2009
		24	14	8		aged	753	Olson <i>et al.</i> 2007
		11	3	4		spiked	758	Chen and Banks 2004
		9	6	3		spiked	50	Banks <i>et al.</i> 1999
		34	21	2	field	aged	7.5	White <i>et al.</i> 2006
		14.5	12	1	pot	aged		
		1	3	0.3		spiked		
		6.3	36	0.2	field	aged		
50	12	17	pot	aged				
				13		spiked		
				8	field	aged		
				5		aged		
				4	pot	aged		
				1	field	aged		
					pot	aged		
					field	aged		
					pot	aged		
					field	spiked		
					aged			
					aged			



# Le fasi del progetto LIFE-BIOREST

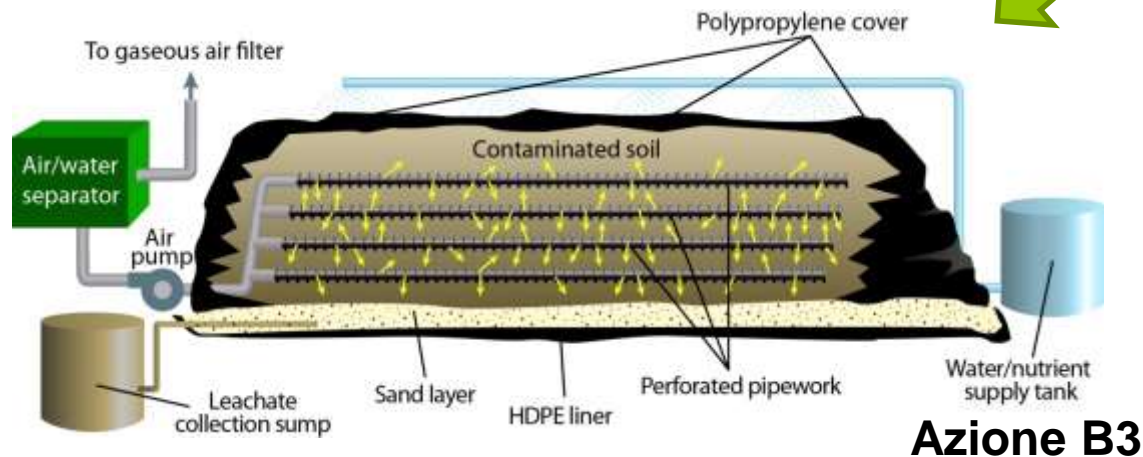
1. Biorisanamento
2. Rivegetazione
3. Monitoraggio del recupero della funzionalità ecologica
4. Diffusione internazionale del metodo

# Biorisanamento del suolo

Il miglior consorzio di batteri e funghi selezionato nelle prove in mesocosmo è stato prodotto in opportuni volumi da Actygea ed utilizzato per inoculare una biopila di 400 m<sup>3</sup> di suolo dell'ex-Carbochimica



**Azione B2**





# Rivegetazione del suolo – fase in lab e in serra

E' stata effettuata una attività di selezione delle varietà più resistenti agli inquinanti tra

Piante agricole: grano, orzo, mais, sorgo, pomodoro

Piante da foraggio: erba mazzolina, festuca, loietto, trifoglio

Piante industriali/da biomassa: miscanto, canapa, panico, arundo

Scale up



Capsule petri -eluati

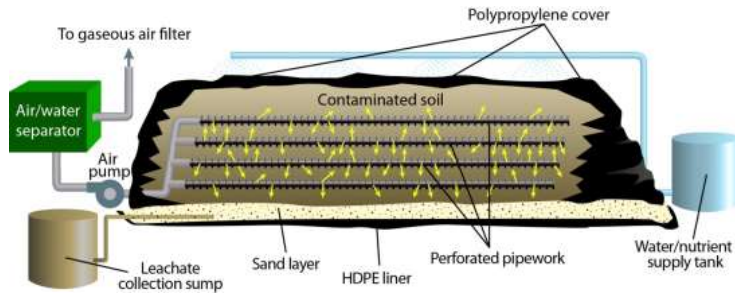


Piccoli vasi



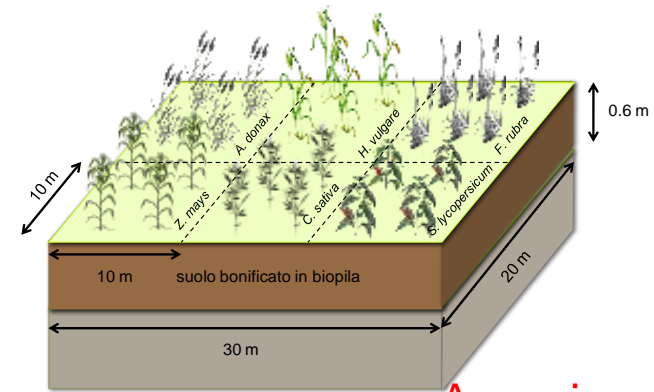
Grandi vasi

# Recupero delle funzionalità ecologiche del suolo



Source: UK EA 2002

**biopila**



**Area rivegetata**

*giorni*

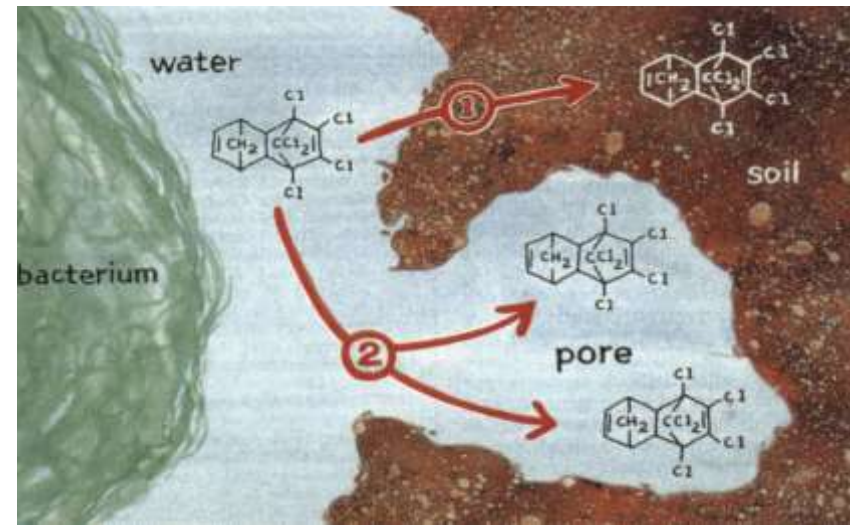
0 20 60 90 0 270

- Analisi chimiche
- Analisi microbiologiche
- Analisi biochimiche
- Analisi ecotossicologiche

# Analisi chimiche

- Sono finalizzate a valutare l'abbattimento degli inquinanti:
  - Idrocarburi policiclici aromatici, BTEX, alcani
- Occorre valutare la **biodisponibilità**; ovvero, verificare che eventuali residui di inquinanti nel suolo siano bloccati e quindi non in grado di creare impatto sull'ambiente e sulla salute dell'uomo

Non bioavailable Non degradable	Non bioavailable degradable
Bioavailable Non degradable	Bioavailable degradable



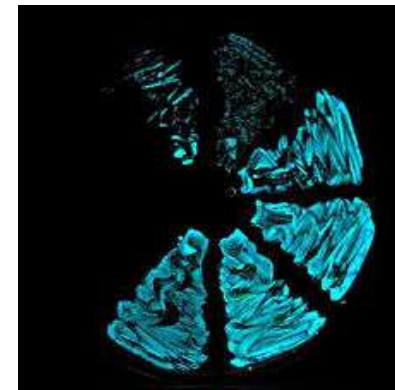
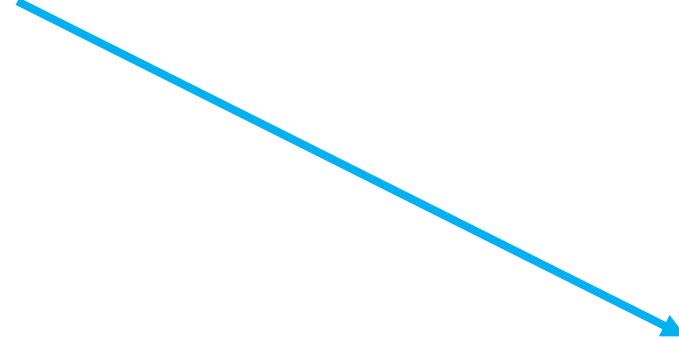
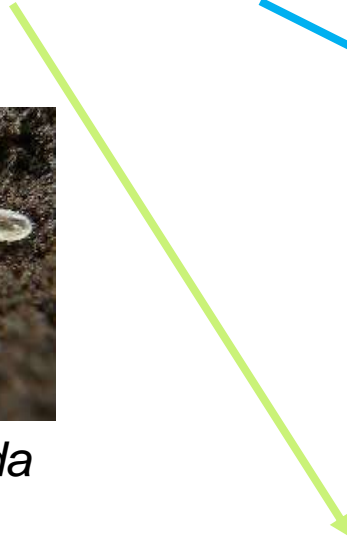
Reid, B.J., Jones, K.C., Semple, K.T. Bioavailability of persistent organic pollutants in soils and sediments—a perspective on mechanisms, consequences and assessment. *Environmental Pollution* 2000a, 108, 103-112.

# Analisi ecotossicologiche

**Ecotossicologia:** *branca della tossicologia che si occupa dello studio degli effetti tossici causati da inquinanti naturali o sintetici sulle componenti **animali**, **vegetali** e **microbiche** degli ecosistemi*



*Folsomia candida*



*Vibrio fischeri*



*Daphnia magna*



*Eisenia fetida*



*Triticum aestivum*  
*Lepidium sativum*

# Analisi microbiologiche

Carica batterica e fungina totale



+

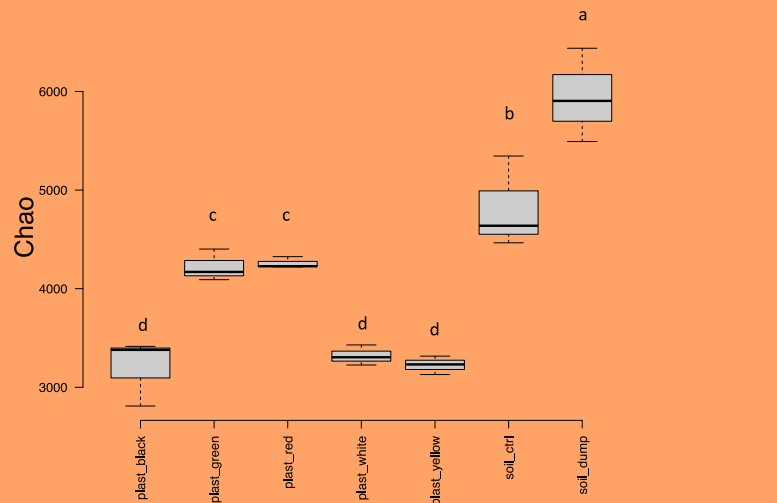


=

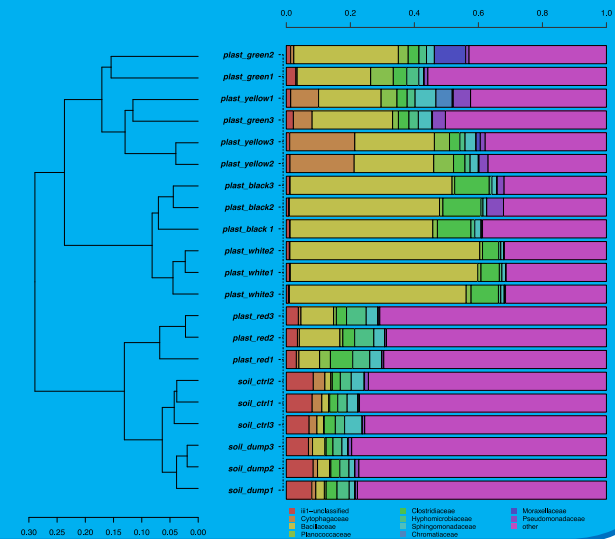


?

## Indici di biodiversità



## Struttura delle comunità microbiche

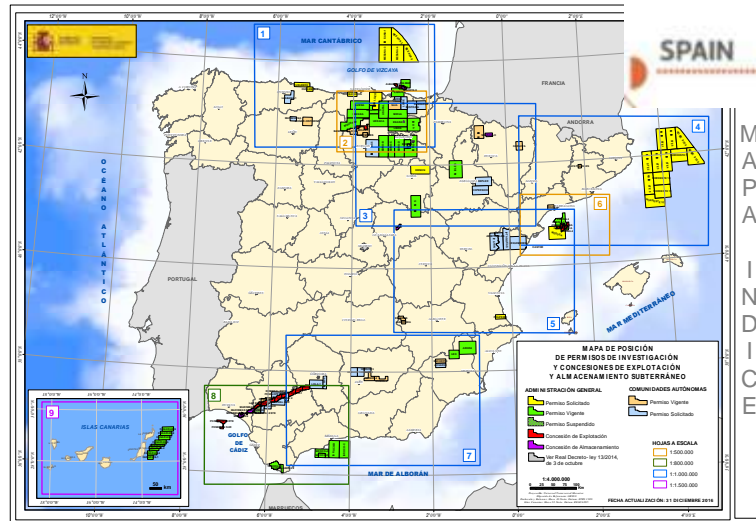


# Diffusione internazionale del metodo

Les sites et sols pollués début 2012 (sites sur lesquels l'état a entrepris des actions de remediation au 16 janvier 2012)

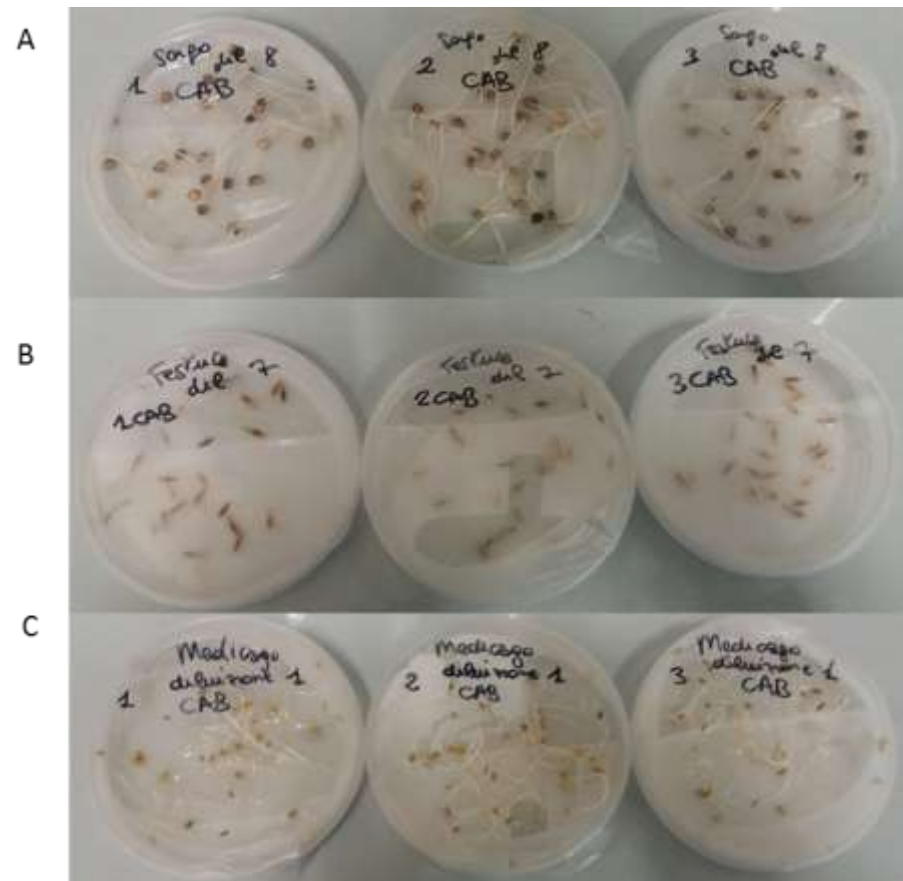


Note : sites de la base de données Basol faisant l'objet d'actions de surveillance ou de réhabilitation.  
 Source : Medde, DGPR (Basol au 16 janvier 2012), 2012. Traitement : SOeS, 2012.



# Selezione delle piante: prove di germinazione

- Confronto tra 14 specie:  
*Cannabis sativa*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, ***Festuca rubra***, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus*, ***Medicago sativa***, *Solanum lycopersicum*, ***Sorghum bicolor***, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Triticum durum*, and *Zea mays*.



# Selezione delle piante: prove di germinazione

Species	Not germinated seeds (n)	Germinated seeds (n)	Roots length (cm)
<i>Sorghum bicolor</i>	0	25	102.3
<i>Trifolium repens</i>	1	24	68.2
<i>Zea mays</i>	3	22	167.1
<i>Trifolium pratense</i>	4	21	116.4
<i>Dactylis glomerata</i>	7	18	39.0
<i>Festuca rubra</i>	7	18	24.5
<i>Medicago sativa</i>	9	16	63.6
<i>Festuca arundinacea</i>	10	15	43.4
<i>Lotus corniculatus</i>	11	14	56.3
<i>Lolium perenne</i>	11	14	9.7
<i>Lolium multiflorum</i>	13	12	68.7
<i>Triticum durum</i>	22	3	48.2
<i>Solanum lycopersicum</i>	22	3	0.4
<i>Cannabis sativa</i>	24	1	1.2



# Prove in vaso sulle 3 piante selezionate: efficienze di degradazione



## *Festuca arundinacea*: dati di degradazione

	with <i>Festuca arundinacea</i>	control (no plants)	difference
2-methylnaphthalene	-	-	-
1-methylnaphthalene	-	-	-
naphthalene	-	-	-
<b>Total 2 rings</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
acenaphthylene	0.05	0.1	-0.01
acenaphthene	0.10	0.3	-0.18
fluorene	0.17	0.2	-0.05
phenanthrene	3.98	5.0	-1.04
anthracene	0.55	0.8	-0.28
<b>Total 3 rings</b>	<b>4.86</b>	<b>6.4</b>	<b>-1.56</b>
fluoranthene	10.09	12.0	-1.90
pyrene	8.21	9.6	-1.38
benzo (a) anthracene	4.48	5.0	-0.48
chrysene	4.29	4.3	-0.03
<b>Total 4 rings</b>	<b>27.08</b>	<b>30.9</b>	<b>-3.79</b>
benzo (b + j) fluoranthene	5.95	6.5	-0.53
benzo (k) fluoranthene	2.20	2.4	-0.20
benzo (a) pyrene	2.38	2.7	-0.35
indeno	1.59	1.9	-0.27
dibenzo (ac + ah) anthracene	0.49	0.6	-0.08
benzo (ghi) perylene	1.66	1.8	-0.15
dibenzo (a) pyrene	0.62	0.7	-0.10
dibenzo (ae) pyrene	0.15	0.2	-0.02
dibenzo (ai) pyrene	0.12	0.1	0.02
dibenzo (ah) pyrene	-	< 0.01	
<b>Total 5-6 rings</b>	<b>15.17</b>	<b>16.8</b>	<b>-1.68</b>
<b>Hydrocarbons C&gt;12</b>	<b>218.50</b>	<b>286.5</b>	<b>-68.00</b>

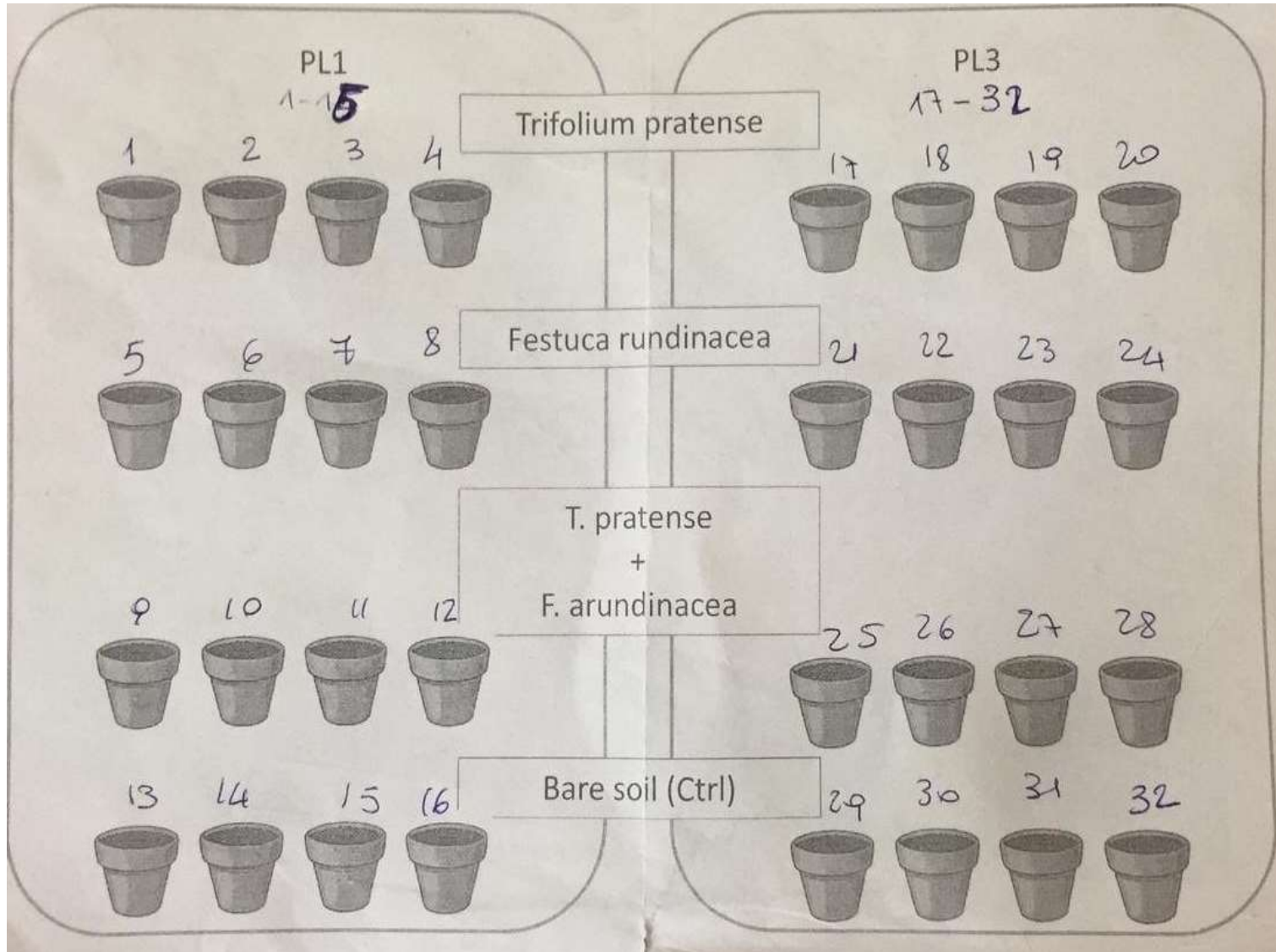
# *Sorghum bicolor*: dati di degradazione

	with <i>Sorghum bicolor</i>	control (no plants)	<i>difference</i>
<b>2-methylnaphthalene</b>	-	-	-
<b>1-methylnaphthalene</b>	-	-	-
<b>naphthalene</b>	-	-	-
<b>Total 2 rings</b>	-	-	-
<b>acenaphthylene</b>	0.05	0.1	-0.01
<b>acenaphthene</b>	0.24	0.3	-0.04
<b>fluorene</b>	0.22	0.2	0.00
<b>phenanthrene</b>	3.80	5.0	-1.22
<b>anthracene</b>	0.72	0.8	-0.11
<b>Total 3 rings</b>	<b>5.03</b>	<b>6.4</b>	<b>-1.38</b>
<b>fluoranthene</b>	9.31	12.0	-2.68
<b>pyrene</b>	8.46	9.6	-1.13
<b>benzo (a) anthracene</b>	4.60	5.0	-0.36
<b>chrysene</b>	4.03	4.3	-0.28
<b>Total 4 rings</b>	<b>26.41</b>	<b>30.9</b>	<b>-4.45</b>
<b>benzo (b + j) fluoranthene</b>	6.10	6.5	-0.38
<b>benzo (k) fluoranthene</b>	2.13	2.4	-0.26
<b>benzo (a) pyrene</b>	2.54	2.7	-0.19
<b>indeno</b>	1.68	1.9	-0.18
<b>dibenzo (ac + ah) anthracene</b>	0.53	0.6	-0.03
<b>benzo (ghi) perylene</b>	1.73	1.8	-0.08
<b>dibenzo (a) pyrene</b>	0.70	0.7	-0.02
<b>dibenzo (ae) pyrene</b>	0.15	0.2	-0.03
<b>dibenzo (ai) pyrene</b>	0.16	0.1	0.05
<b>dibenzo (ah) pyrene</b>	< 0.01	< 0.01	0.00
<b>Total 5-6 rings</b>	<b>15.67</b>	<b>16.8</b>	<b>-1.17</b>
<b>Hydrocarbons C&gt;12</b>	<b>257.17</b>	<b>286.5</b>	<b>-29.33</b>

## *Trifolium pratense*: dati di degradazione

	with <i>Trifolium pratense</i>	control (no plants)	<i>d i f f e r e n c e</i>
2-methylnaphthalene	-	-	-
1-methylnaphthalene	-	-	-
naphthalene	-	-	-
<b>Total 2 rings</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
acenaphthylene	0.04	0.1	-0.02
acenaphthene	0.08	0.3	-0.20
fluorene	0.17	0.2	-0.05
phenanthrene	4.21	5.0	-0.81
anthracene	0.81	0.8	-0.02
<b>Total 3 rings</b>	<b>5.32</b>	<b>6.4</b>	<b>-1.10</b>
fluoranthene	10.49	12.0	-1.50
pyrene	8.75	9.6	-0.84
benzo (a) anthracene	4.45	5.0	-0.52
chrysene	4.19	4.3	-0.12
<b>Total 4 rings</b>	<b>27.88</b>	<b>30.9</b>	<b>-2.98</b>
benzo (b + j) fluoranthene	5.48	6.5	-1.00
benzo (k) fluoranthene	1.96	2.4	-0.44
benzo (a) pyrene	2.34	2.7	-0.39
indeno	1.53	1.9	-0.33
dibenzo (ac + ah) anthracene	0.47	0.6	-0.09
benzo (ghi) perylene	1.55	1.8	-0.27
dibenzo (a) pyrene	0.54	0.7	-0.18
dibenzo (ae) pyrene	0.14	0.2	-0.03
dibenzo (ai) pyrene	0.13	0.1	0.02
dibenzo (ah) pyrene		< 0.01	
<b>Total 5-6 rings</b>	<b>14.13</b>	<b>16.8</b>	<b>-2.71</b>
<b>Hydrocarbons C&gt;12</b>	<b>249.50</b>	<b>286.5</b>	<b>-37.00</b>

# In attesa della biopila...rivegetazione in serra





## Analisi in corso:

- Conte totali di batteri e funghi
- Analisi metagenomica della struttura delle comunità microbiche
- Concentrazioni totali e biodisponibili degli inquinanti
- Analisi ecotossicologiche

**MICROBIOLOGIA**

- Edoardo Puglisi
- Giulia Spini

**CHIMICA**

- Marco Trevisan
- Lucrezia Lamastra

**AGRONOMIA**

- Stefano Amaducci
- Andrea Ferrarini



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

Grazie per l'attenzione !