



# L'ADN environnemental au service de la qualité des sols urbains

**L. RANJARD**  
**UMR Agroécologie - INRA Dijon**

# Retour de la nature en ville



améliorer **la qualité de vie** en milieu urbain :  
- santé humaine et aspect récréatif



réduire **l'empreinte environnementale**



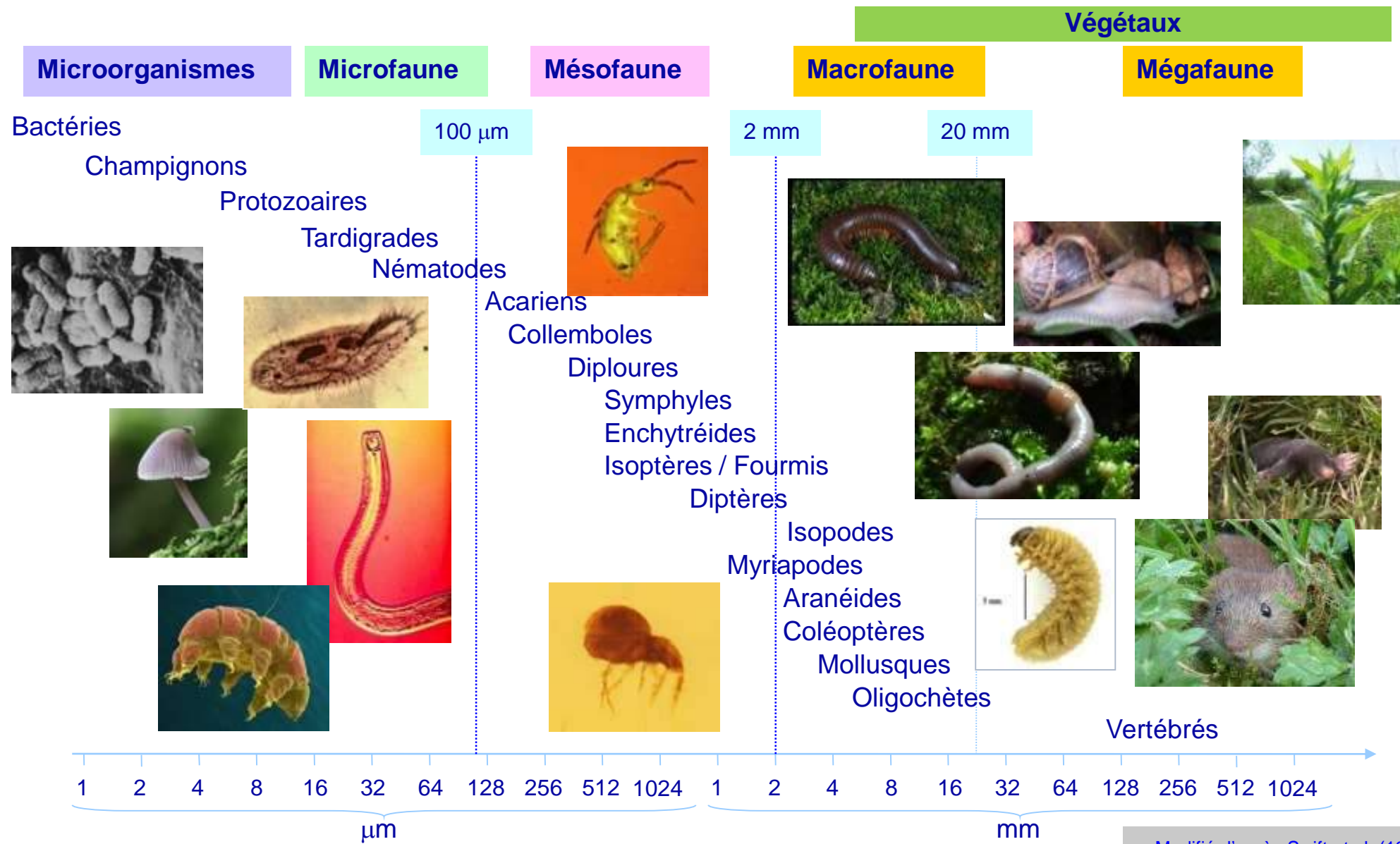
**Sol**

**Bras de levier mobilisable**

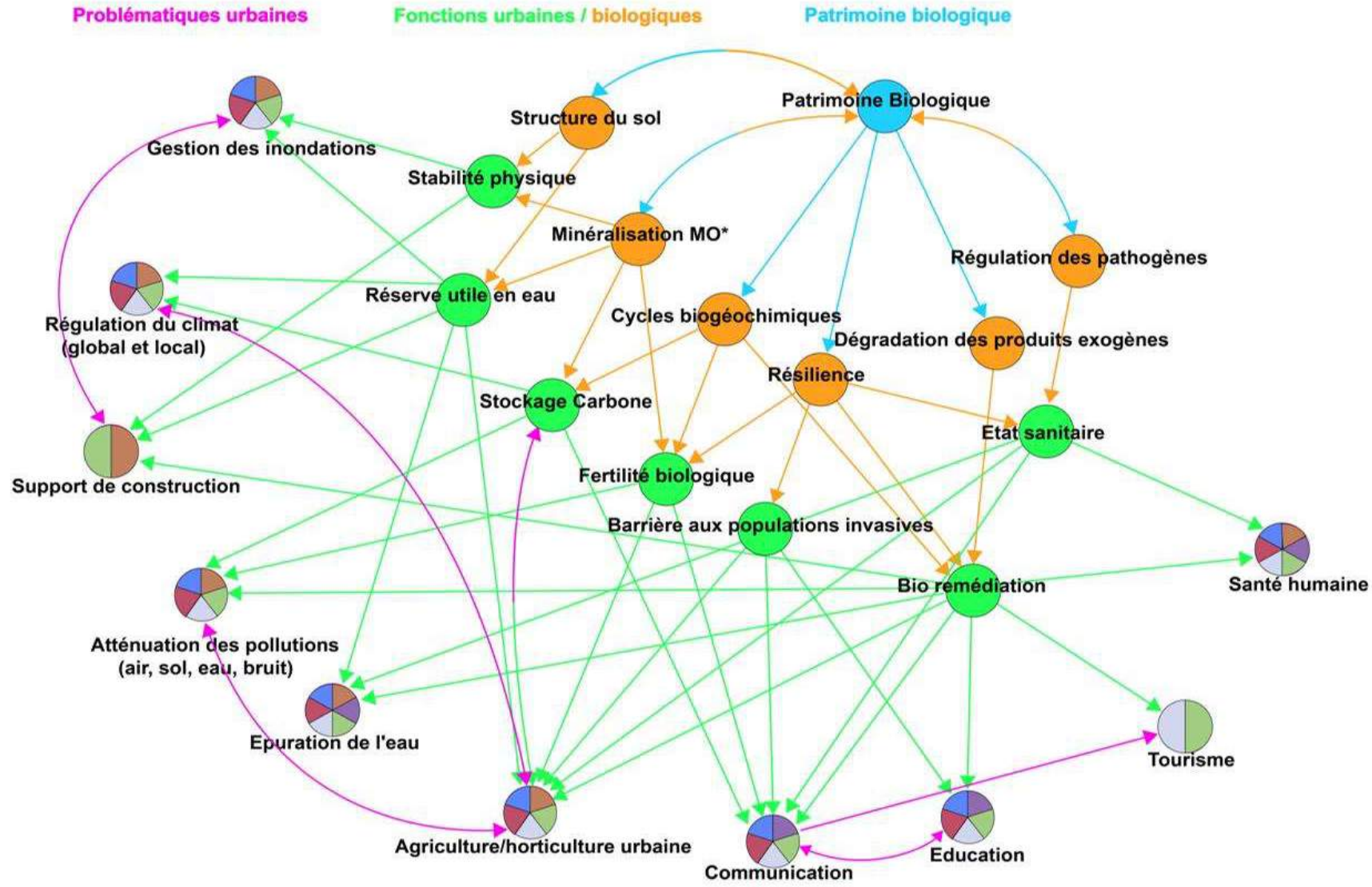


# Le sol est un milieu « vivant »

*de l'infiniment petit au visible*



# Un patrimoine biologique au service des problématiques urbaines



Fiches urbaines Toits végétalisés Jardins urbains Surfaces enherbées Forêt urbaine Terrains de sport

# Les communautés microbiennes, bio-indicateurs pertinents

## Enorme abondance et diversité



$10^9$  bactéries  
 $10^6$  espèces



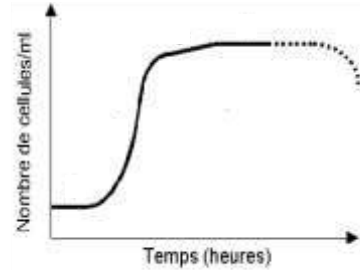
$10^6$  champignons  
 $10^3$  espèces



## Enorme capacité d'adaptation



Petite taille



Temps de génération court

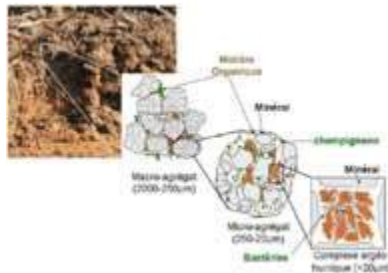


Plasticité du génome

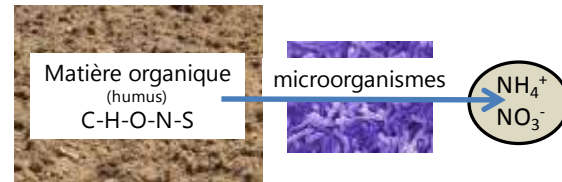


Réponse rapide aux modifications environnementales

## Implications dans de nombreuses fonctions



Structuration du sol



Minéralisation matière organique, recyclage carbone, nutriments



Dépollution du sol



Lutte contre pathogènes



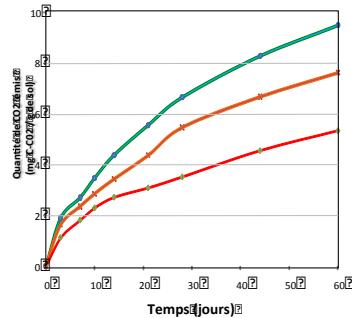
# Quelques démonstrations expérimentales !



Baisse de 30% de la diversité microbienne d'un sol



Baisse de 40% de la minéralisation de la MO



Maron et al.

Perte de 50% de la productivité végétale



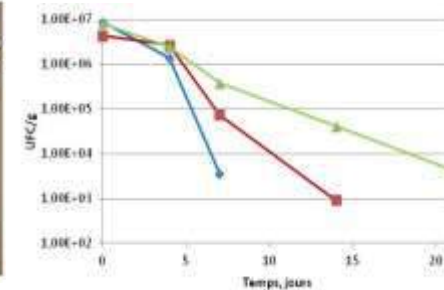
Maron et Ranjard

Perte de 50% de la stabilité structurale du sol



Maron et al.

Augmentation du temps de survie (x5) des pathogènes dans le sol



Vivant et al.

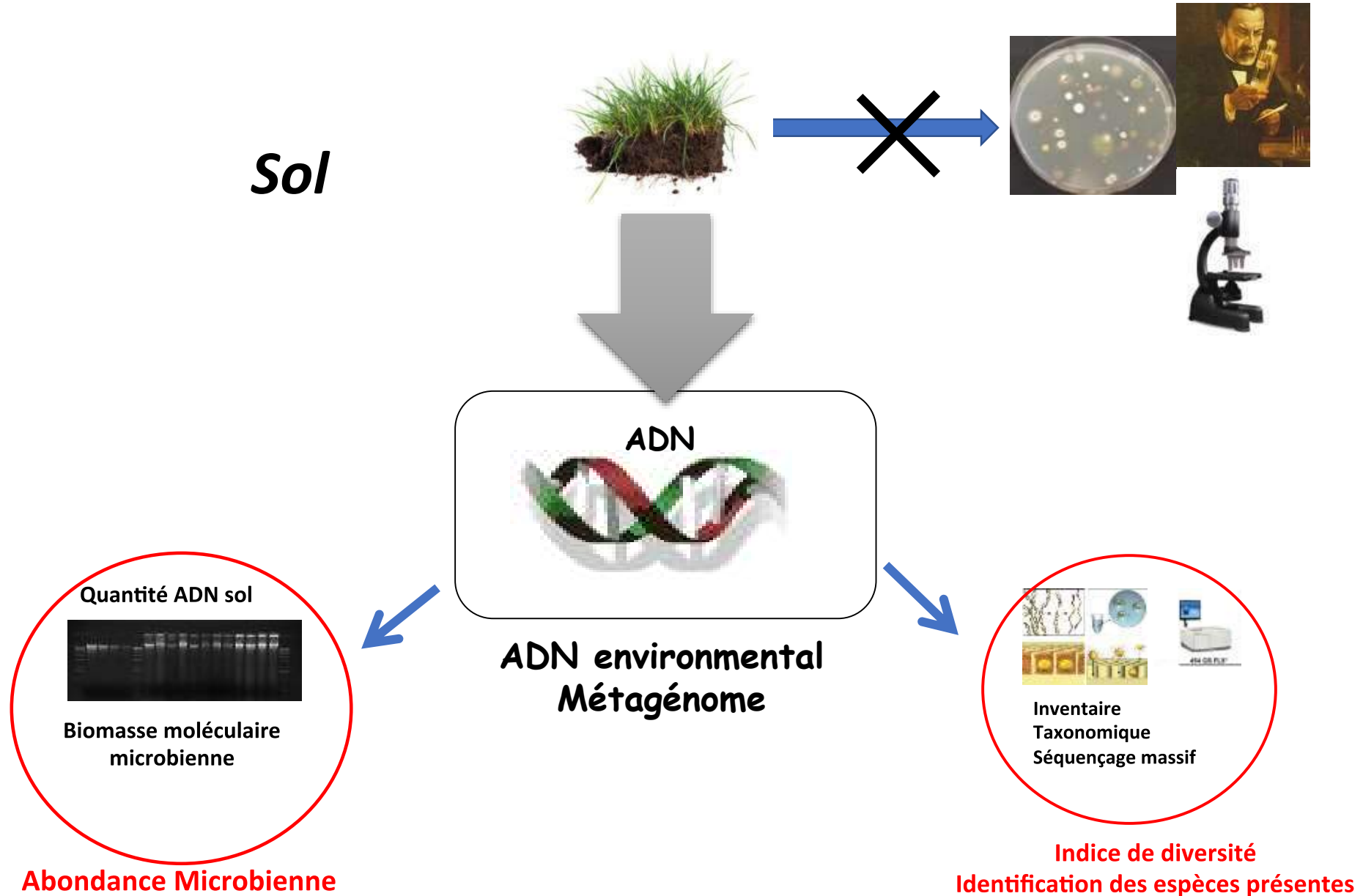
Fertilité biologique

Fertilité physique

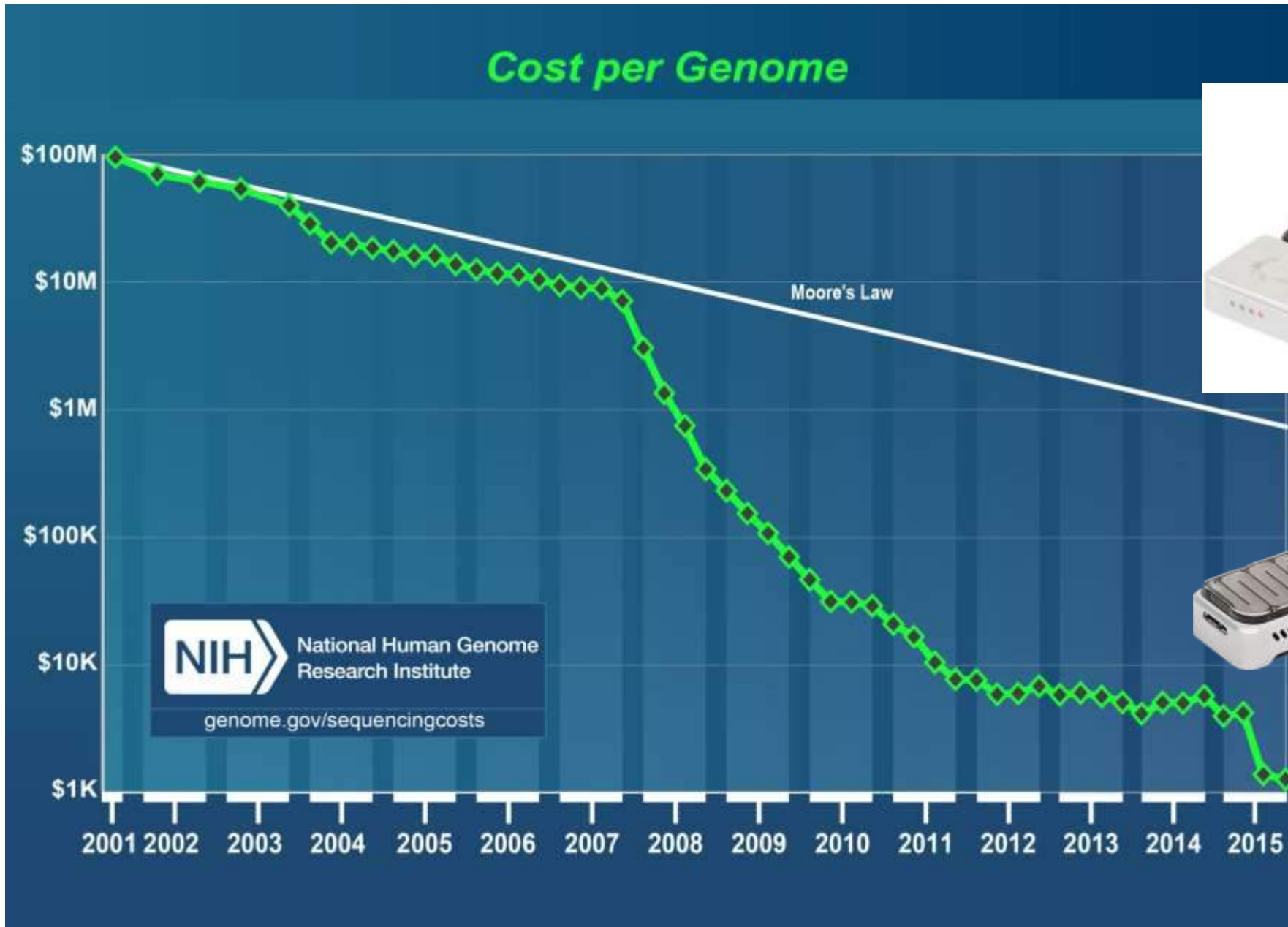
Effet barrière

# Comment mesurer l'abondance et la diversité microbienne des sols ?

Une nouvelle voie : l'écologie moléculaire microbienne



# De moins en moins cher et de plus en plus miniaturisé !



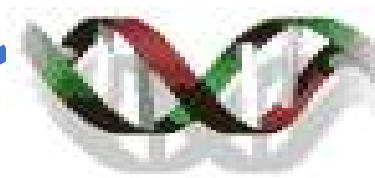
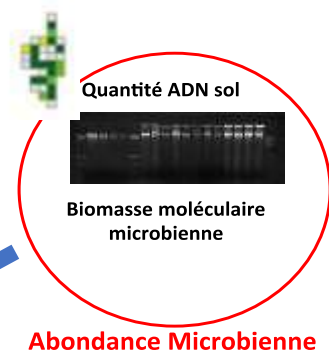
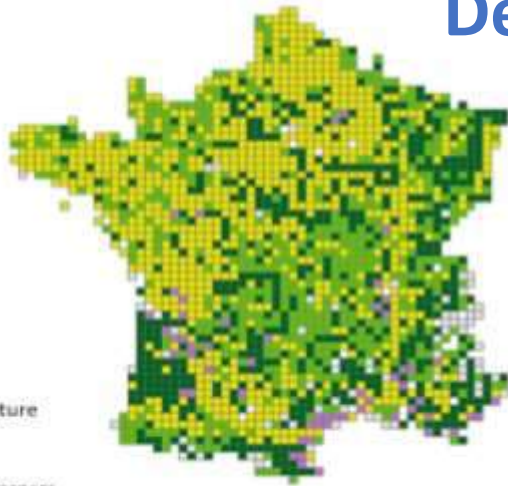


# Des études à l'échelle nationale !

## Réseau de Mesures de la Qualité des Sols

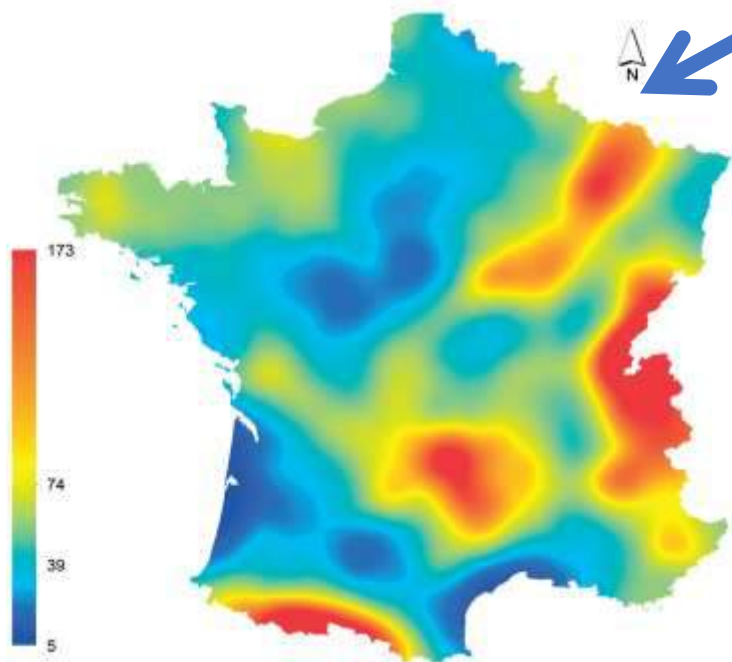
2200 sols, maille systématique nationale de 16km<sup>2</sup>

- Grande culture
- Forêt
- Prairie
- Vignes et vergers
- Autres



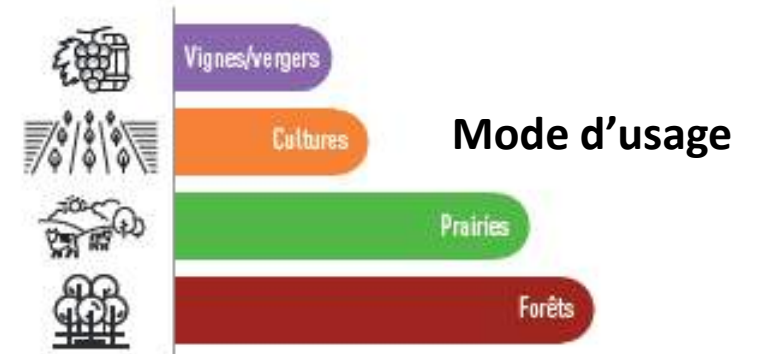
### Type de sol

Carbonates de Calcium ⊖⊖	ratio C/N ⊖
Potassium ⊖	pH ++
Teneur en argile ++	Carbone organique +++



Biomasse moléculaire microbienne

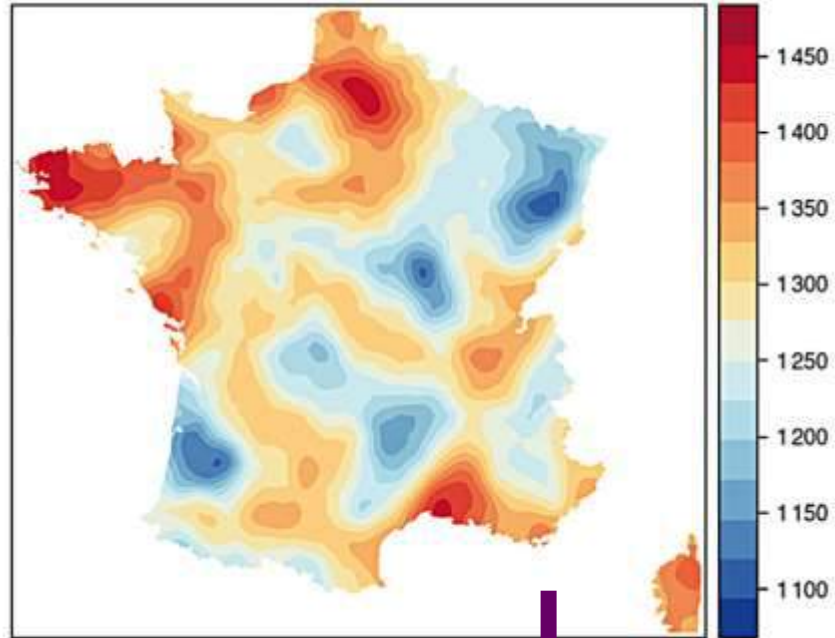
Influence de l'environnement



# La diversité bactérienne des sols français



## Diversité bactérienne



Inventaire  
Taxonomique  
Séquençage massif

Indice de diversité  
Identification des espèces présentes



## Type de sol

pH ++	Teneur en sable +
Teneur en argile ⊖⊖	Ratio C/N ⊖⊖

## Mode d'usage

Vignes/vergers  
Cultures  
Prairies  
Forêts

# Biomasse / Biodiversité microbienne

## Des indicateurs avec des référentiels nationaux

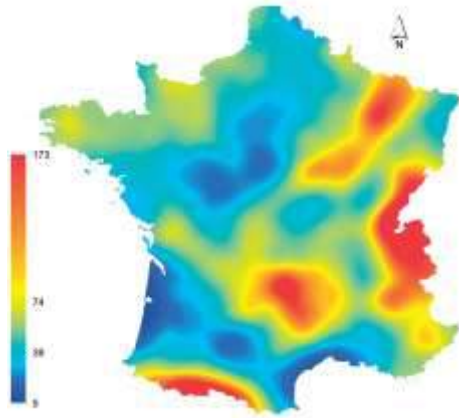
Biomasse moléculaire microbienne



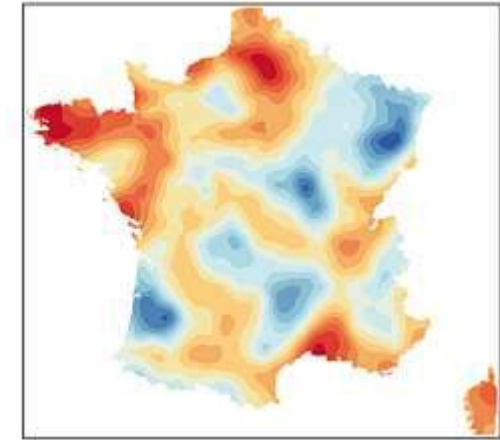
Diversité bactérienne des sols



RMQS  
GIS SOIL



Forte influence du type de sol  
Faible influence du climat  
Influence significative du mode d'usage



Dequiedt et al., 2011 Glob Ecol Biogeo

Ranjard et al., 2013 Nature Comm

Modèle prédictif :

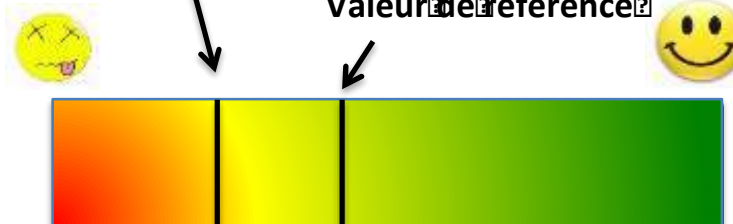
$$Y = \beta_0 + \sum (\beta_j X_j + \beta_j X_j^2) + \sum \sum \beta_{jk} X_j X_k + \epsilon$$

ONB  
Observatoire National de la Biodiversité  
« Indicateur national sol »

ONB  
Observatoire National de la Biodiversité  
« Indicateur national sol »

Seuil critique  
(-30% VR)

Valeur de référence



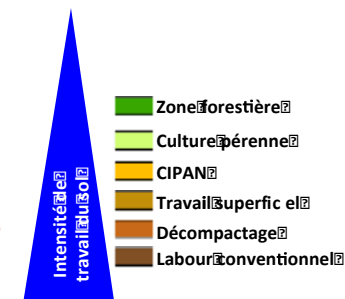
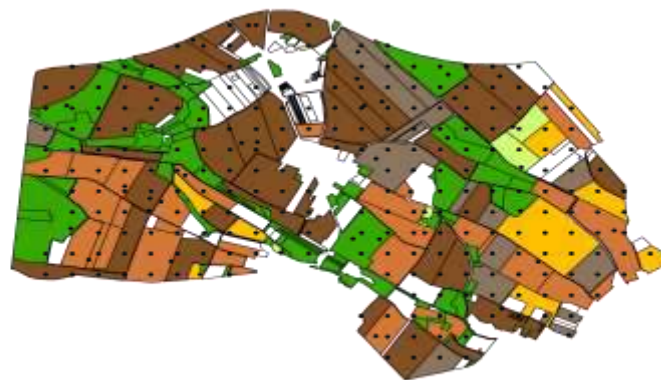
Horrigue et al., 2016 Ecol Indic.

Terrat et al., 2017 Plos One



# Diagnostic à l'échelle d'un Paysage Agricole

Paysage (12km<sup>2</sup>, 80% surface en gde culture)  
270 sols échantillonnés selon une grille  
250mx250m)



## Biomasse Moléculaire Microbienne

Valeur  
référence



## Diversité Bactérienne

Valeur  
référence



La **majorité des parcelles** ont une bonne qualité microbiologique  
**Diversité des pratiques** et de leur impact sur la microbiologie du sol  
Identifier les **systèmes innovants** Agroécologiques

# AgrInnov

CASDAR (2011-2015)



Equiper les agriculteurs afin qu'ils puissent évaluer **l'impact de leurs pratiques** sur la biologie de leur sol



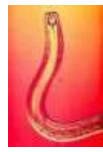
**Etape 1** Mise en place d'un **Réseau** d'agriculteurs  
 (250 fermes, 300 agriculteurs, 1 technicien CA, 2..)



**Etape 2** Développer une **Formation** théorique et pratique sur la **biologie des sols agricoles**



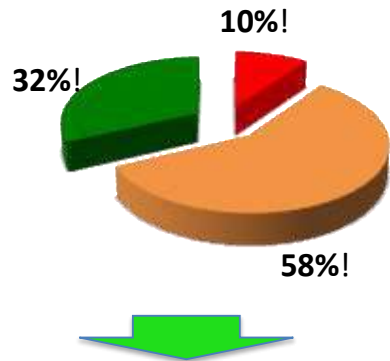
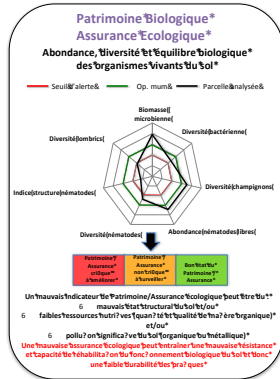
**Etape 3** Valider et appliquer un **Tableau de bord** de **bioindicateurs** de la **qualité des sols**



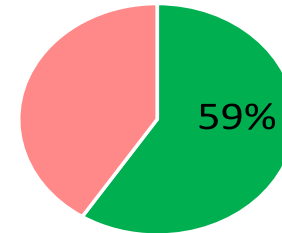
# AgrInnov



97% des agriculteurs sont allés jusqu'au bout du processus



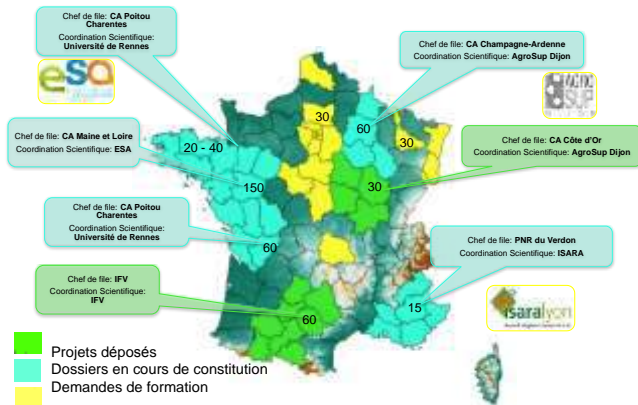
Changement dans les pratiques



Les sols agricoles ne sont pas morts  
Toutefois ils sont à surveiller



# REVA





## Industrialiser les bioindicateurs

« Diagnostic de la qualité biologique des sols agricoles – Conseil agronomique pour la piloter »

### Partenaires publics

### Partenaires privés



Transfert  
Outils/expertise

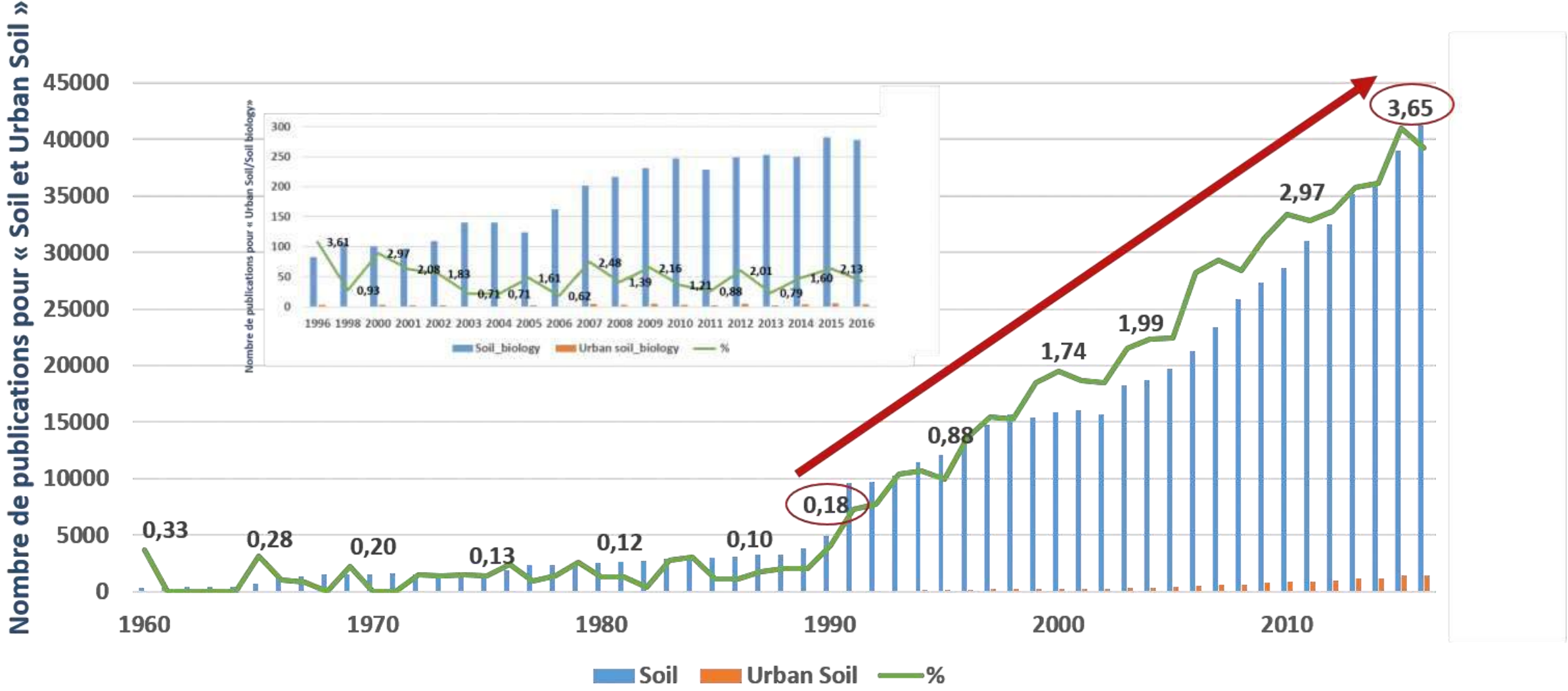


Diagnostic

+

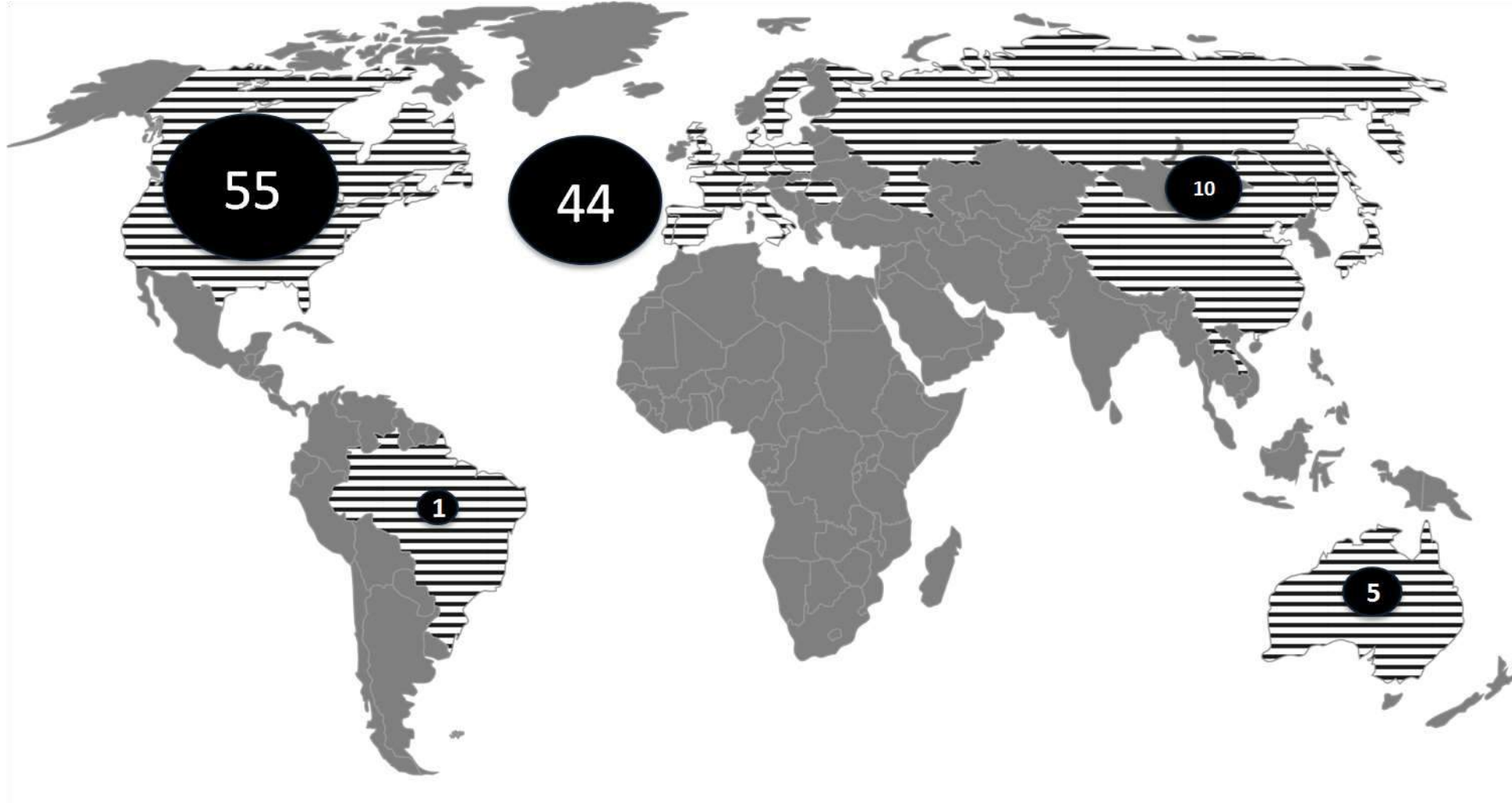
« Conseil »

# Quid des sols urbains !



***Une accumulation faible des données mais en augmentation !***

# Des études localisées !

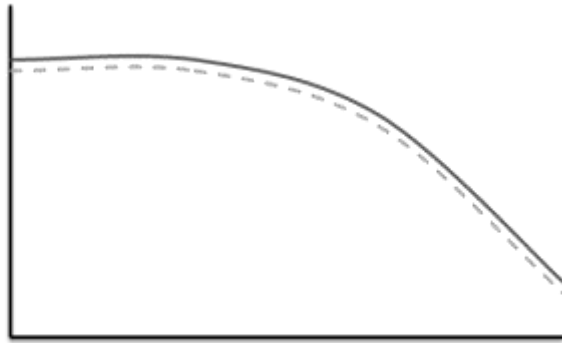




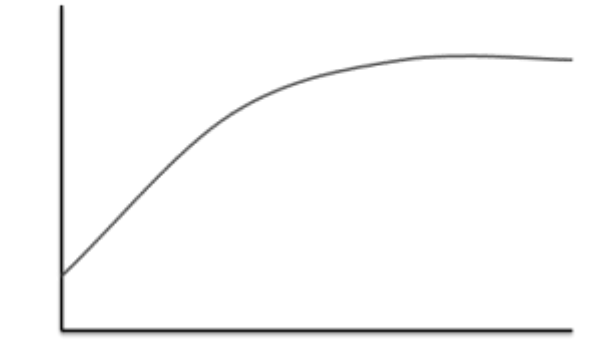
# Des approches techniques à moderniser !

## Gradient urbain - rural

Nitrification  $\frac{?}{?}$  / N-Minéralisation  $\frac{?}{?}$



Biomasse microbienne  $\frac{?}{?}$



Biomasse jusqu'à **-56 %**  
(Zhu & Carreiro 2004)



Activités jusqu'à **2,5 fois supérieures**  
(Enloe *et al.*, 2015)

## Impact mosaïque urbaine



Bord de route



ZR\*



Toits végétalisés



Friche urbaine



Jardin urbain



Parc urbain



Forêt urbaine



Diversité végétale  
Apports de MO

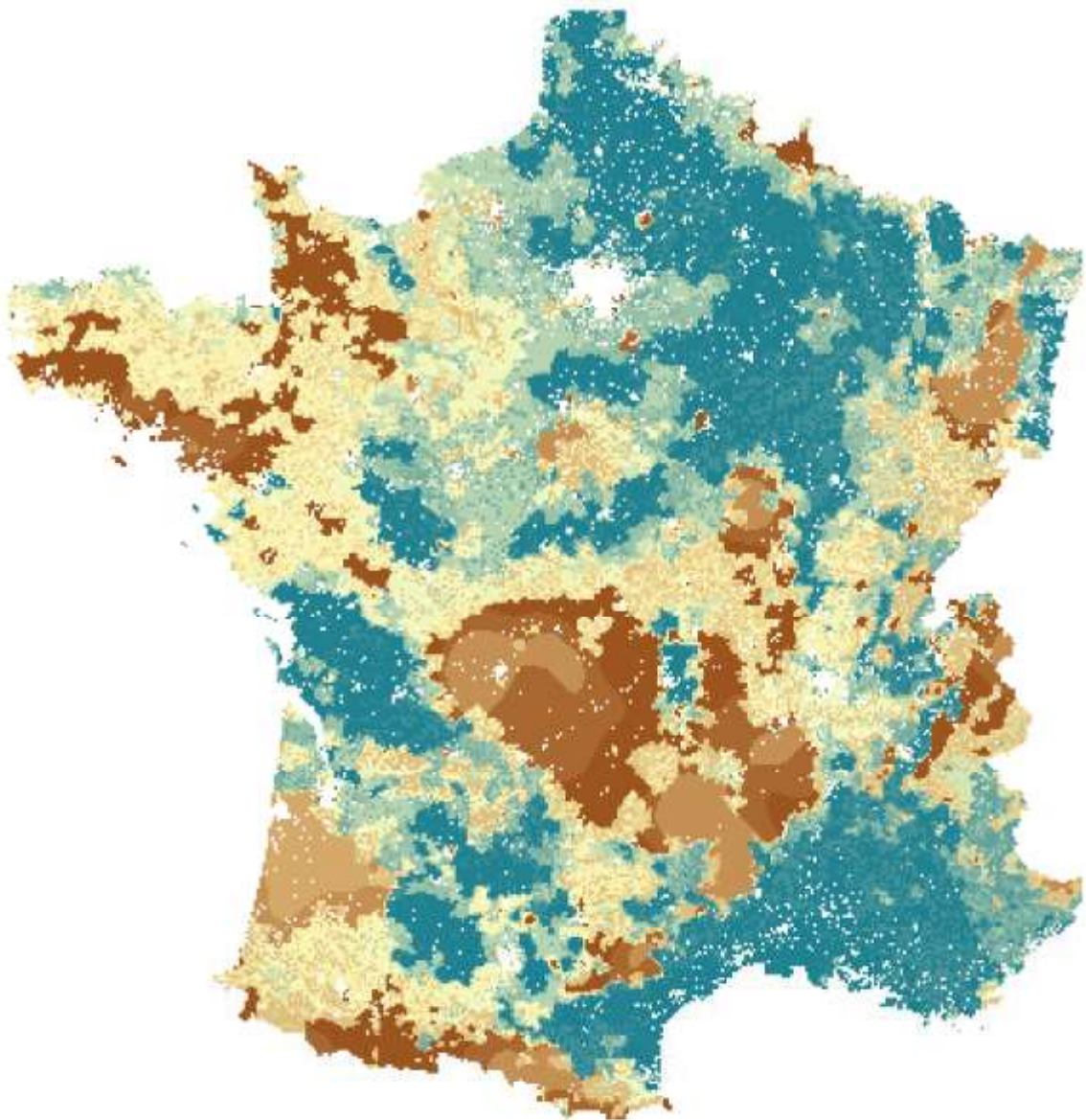
**Biomasse microbienne totale**

**Rien sur la diversité !  
Peu d'outils moléculaires !**

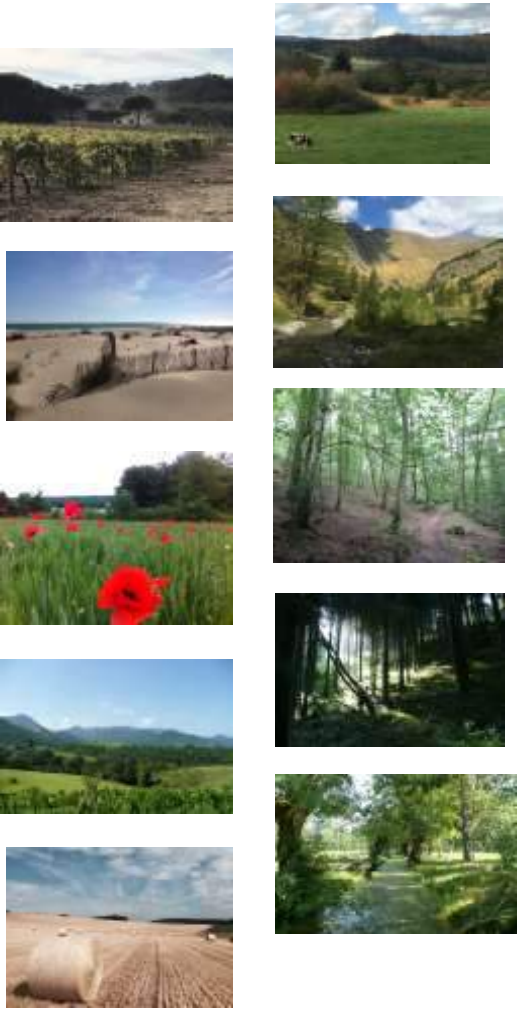
# Des habitats microbiens sans les villes !

12

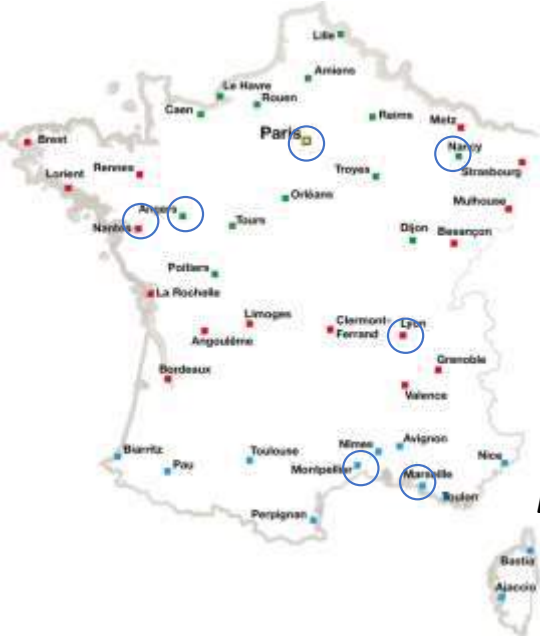
16 habitats différents



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

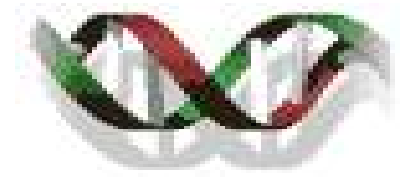


# Un avenir dynamique pour la biologie des sols urbains !



**Différentes études en cours, dans différentes villes !**

*Thèse L Foti, Thèse A Cambou*



**diversité**

***Différents Projets : Jassur, Ecoville, toits végétalisés, sols imperméabilisés, friches urbaines...***

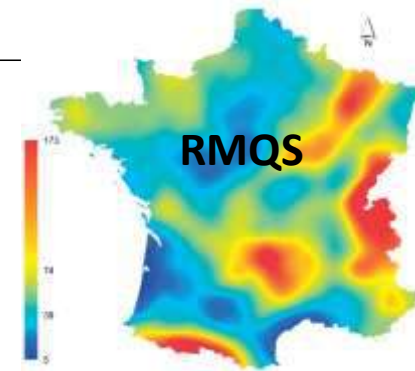
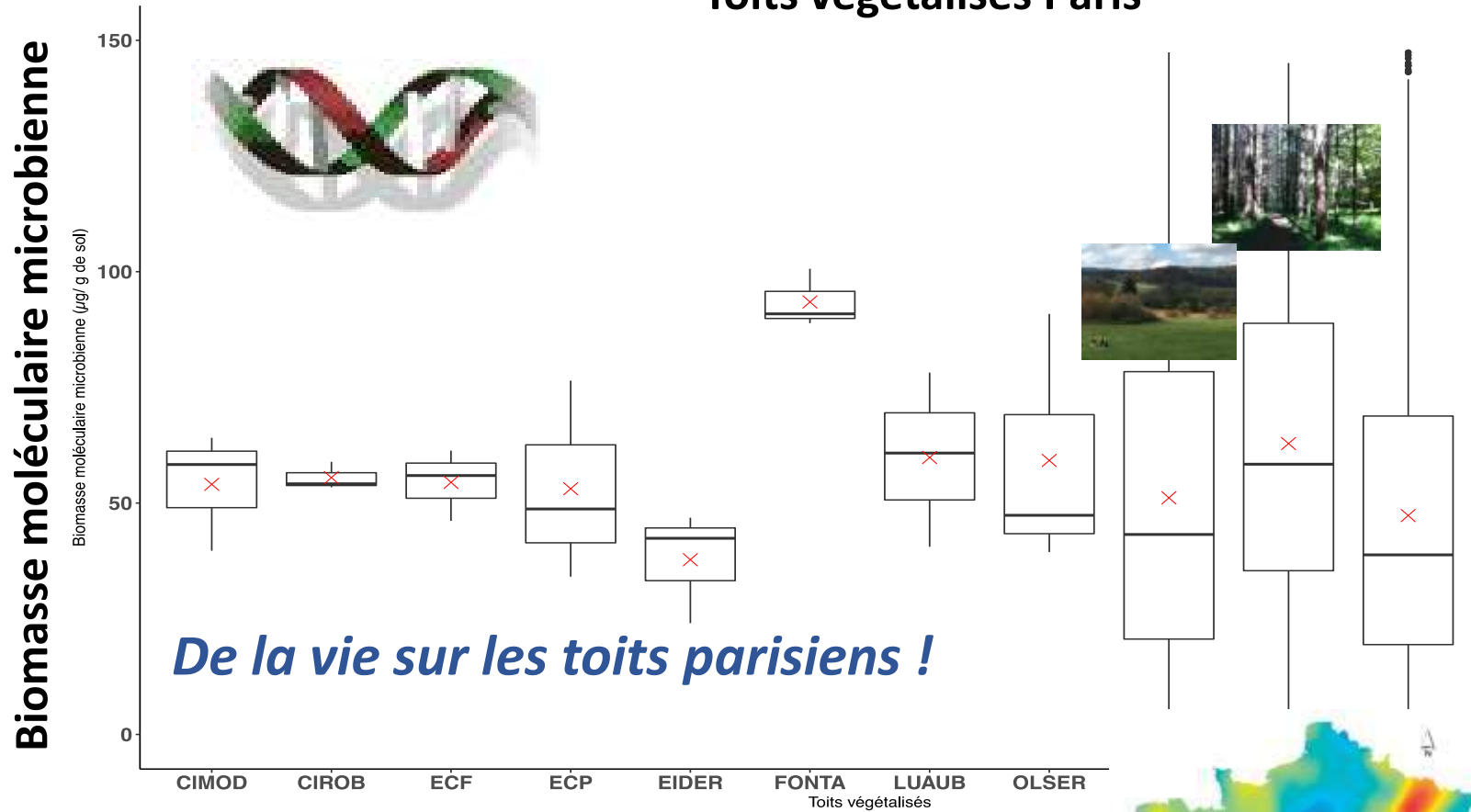
***De plus en plus d'équipes impliquées (CNRS, Univ, IRD, INRA...)*** !





# Quelques résultats préliminaires

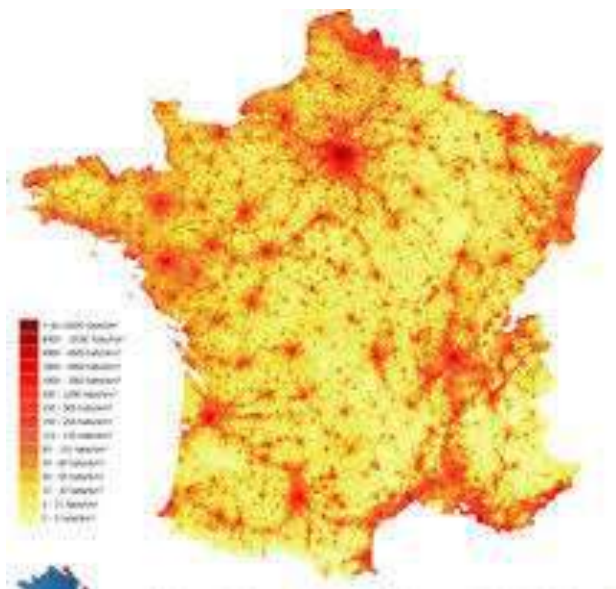
## Biomasse moléculaire microbienne Toits végétalisés Paris



# REV-Urbain

Réseau de Veille à l'innovation sur la qualité des sols Urbains

## Sciences participatives

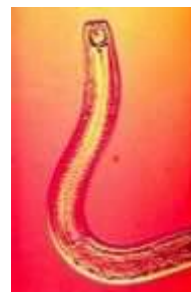


I Elaborer un réseau de villes /aménageurs urbains

Elaborer un réseau de laboratoires experts du domaine



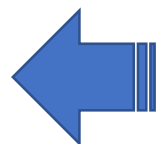
II Co-construire un tableau de bord opérationnel de la qualité biologique des sols



III Elaborer une formation adaptée sur la qualité biologique des sols



Communication  
Education



IV Diagnostiquer la qualité biologique des sols urbains  
Conseil pour l'aménagement urbain

# LA MICROBIOLOGIE MOLÉCULAIRE

AU SERVICE DU DIAGNOSTIC  
ENVIRONNEMENTAL

OCTOBRE  
2017

Ouvrage coordonné par  
L. Ranjard, P-A. Maron,  
P. Cuny et E. d'Oiron Verame

EXPERTISES



[http://www.ademe.fr/biologie-moleculaire-  
service-diagnostic-environnemental](http://www.ademe.fr/biologie-moleculaire-service-diagnostic-environnemental)

# Journée d'animation technique sur la qualité biologique des sols urbains

*2eme quinzaine de Mai 2018*

*Dijon Métropole*



**Faire un bilan des études**  
**Construire les perspectives**



***Aménageurs urbains***







***Merci de votre attention ...***