

comifer



11^{èmes}

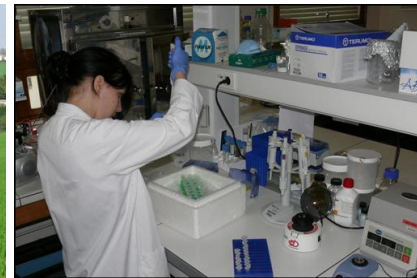
RENCONTRES

de la fertilisation raisonnée et de l'analyse



11^{èmes} Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse – 20 et 21 novembre 2013

De GenoSol à GenoBiome : mise en place d'une structure analytique pour évaluer l'état microbiologique du sol



Lionel RANJARD, Samuel Dequiedt, Pierre Alain Maron, Anne Laure Blieux.
UMR Agroécologie, Plateforme GenoSol
INRA – Université de Bourgogne, Dijon

Sol = réservoir de diversité microbologique et génétique



10^9 bactéries, 10^{5-6} espèces par gramme de sol



10^{6-7} Champignons, 10^{4-5} espèces par gramme de sol



Services écosystémiques
(recyclage éléments minéraux, cycle C, dépollution,
patrimoine génétique...)

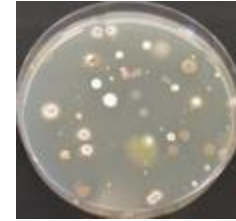
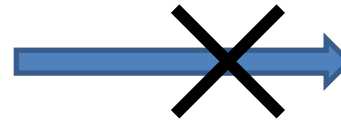
Enjeux

- ✓ décrire et comprendre la diversité microbienne des sols (distribution, régulation, déterminisme)
- ✓ lien diversité – fonction/services
- ✓ protéger ce patrimoine biologique et l'utiliser pour les sols agricoles

Comment aborder la diversité microbienne ?

Une nouvelle voie : l'écologie moléculaire microbienne

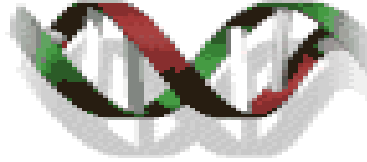
Sol



Métagénome

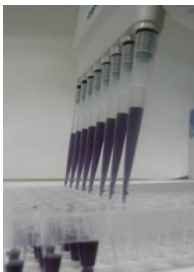
Abondance
Diversité génétique/
taxonomique/fonctionnelle

ADN



**Nécessité de standardiser
Appliquer à grande échelle
Établir des référentiels**

Une structure logistique et technique d'appui à la recherche



http://www.dijon.inra.fr/plateforme_genosol

Plateforme 
GenoSol

*Exploring the microbial world
To better protect our environment*



Centre de Ressources Génétiques

Banque de sols

Plateforme Technique
*Caractérisation moléculaire des
communautés microbiennes,
Développement de Bio-indicateurs*

**Système d'Information
Environnemental**
*Référentiel sur l'abondance et la
diversité des communautés
microbiennes*



Service I - Conservatoire : Récolter, conserver et mettre à disposition les ressources génétiques microbiennes des sols issus de grands échantillonnages



Prélèvement à la tarière



Tamisage à 4mm



Conservation des échantillons de sol (- 40°C)



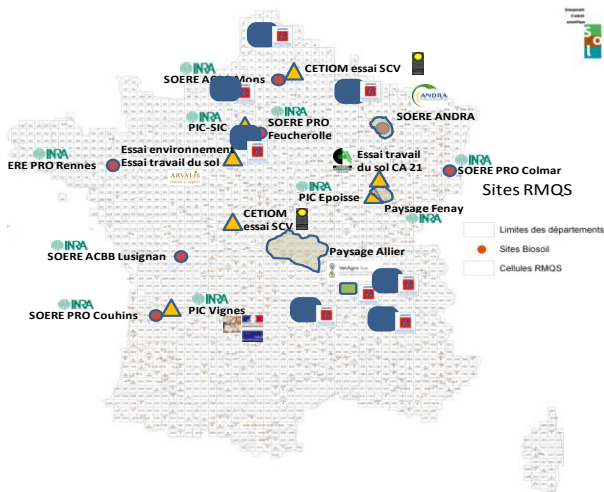
Extraction d'ADN



Plateforme GenoSol



8 500 sols à ce jour ; 1 500 nouveaux par an



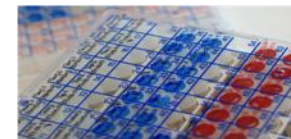
Service II : Plateforme Technique



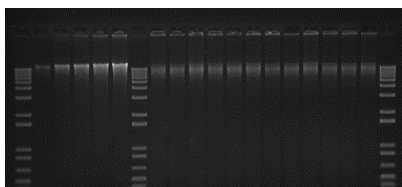
Sol



Métagénome
microbien

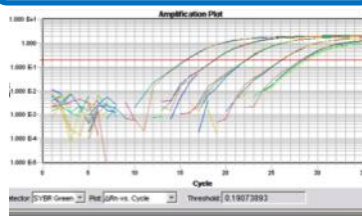


Quantité ADN sol



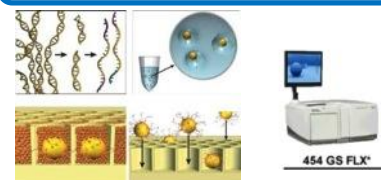
Biomasse Moléculaire
Microbienne

qPCR 16S/18S ADNr



Densité bactéries
Densité champignons
Rapport Champ./Bactéries

Séquençage haut débit



Indices de diversité
Inventaires taxonomiques

Abondance microbienne

Diversité microbienne



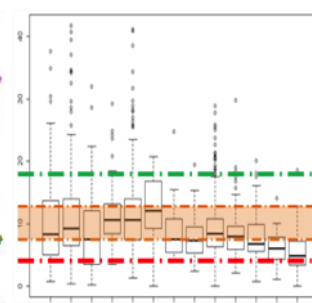


Service III : Informatique – Bdd – Référentiel

MicroSol Database ©

- **traçabilité, gestion** des stocks, des activités du parc d'équipement
- **1^{er} Référentiel** sur la biodiversité microbiennes des sols

**800 000 données ; 3 serveurs informatiques (stockage, application, calcul)
> 70 millions de séquences ADN**



Partenariats GenoSol



Labels GenoSol



Résultats marquants

GenoSol

Etude la diversité microbienne du sol à l'échelle de la France

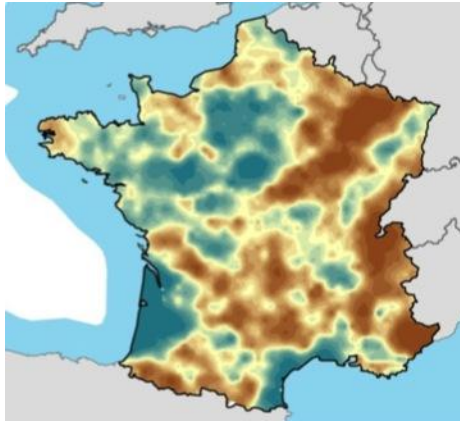
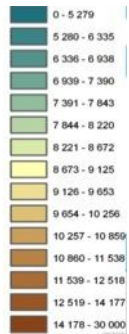
Biomasse microbienne moléculaire microbienne

Groupement
d'intérêt
scientifique

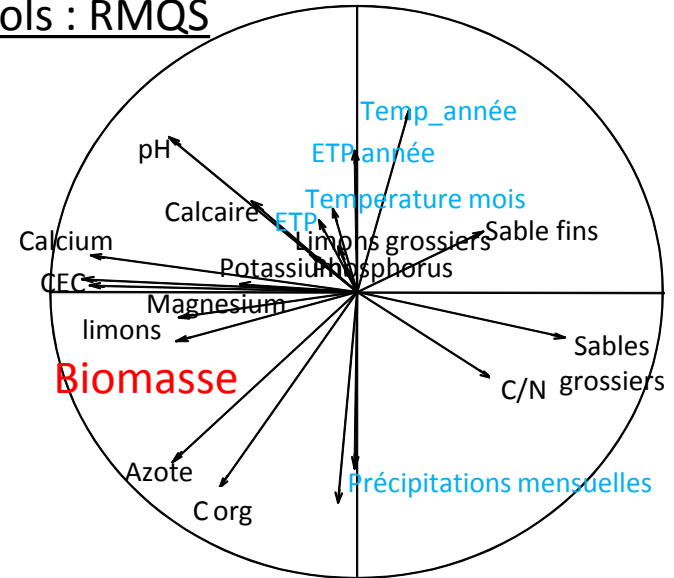
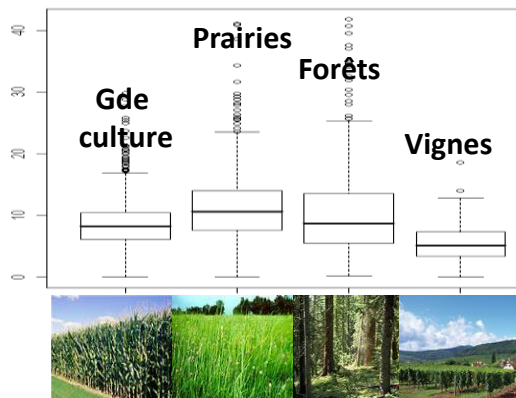


Réseau de mesures de la Qualité des Sols : RMQS

Quantité ADN
ng.g⁻¹ soil



Cartographie nationale de la biomasse
microbienne moléculaire



Texture, CEC > Corg, N, pH, C/N >>>
paramètres climatiques

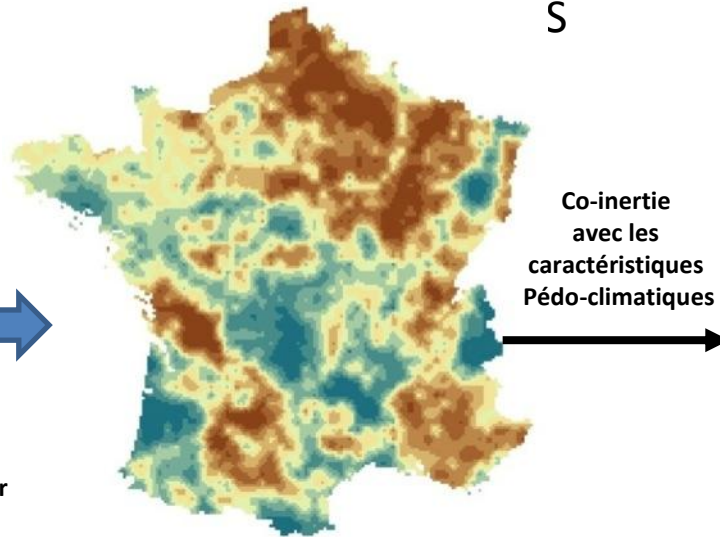
Prairie > Forêts > grande culture >> Vignes/vergers

Dequiedt et al., 2011, *Global Ecology and Biogeography*

Diversité des communautés microbiennes



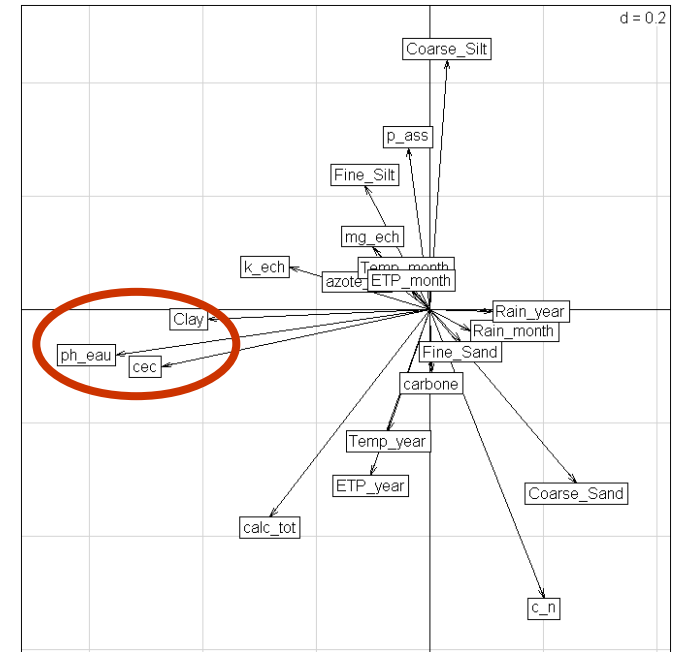
Génotypage par ARISA



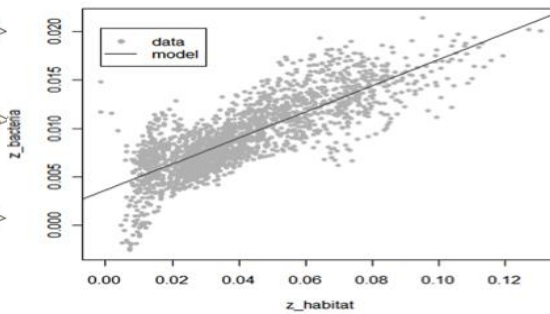
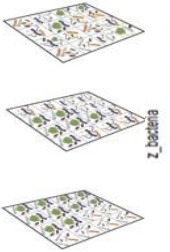
Cartographie nationale des variations de structure génétique des communautés

S

Co-inertie avec les caractéristiques Pédo-climatiques



Diversité microbienne



Schematized relationship between Z-habitat and Z-bacteria



Diversité de l'habitat

pH et texture sont les paramètres les plus structurants
Importance du type de sol, peu d'influence du climat

Dequiedt et al., 2009, Environ. Microbiol. Rep.
Ranjard et al., 2013, Nature Com.

- Importance de la diversité de l'habitat à grande échelle sur la diversification des communautés bactériennes du sol :

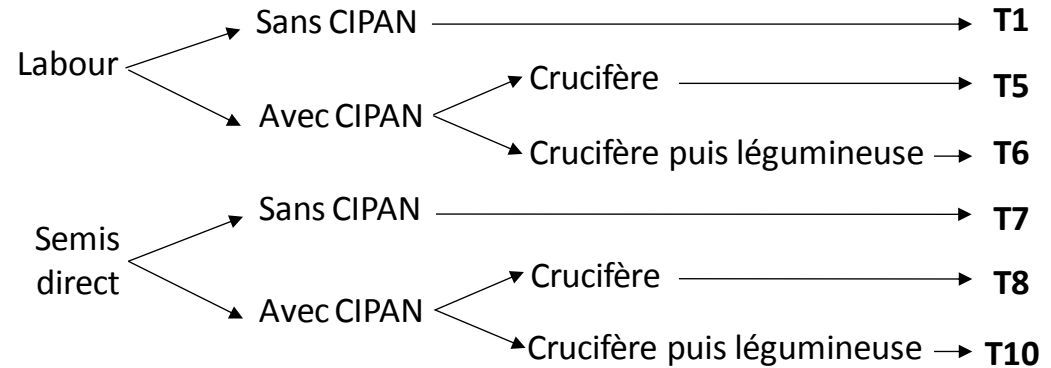
Impact du travail du sol

Essai environnement – Ferme Boigneville

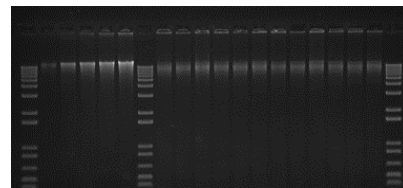
- Essai longue durée de 20 ans
- Parcelles de 48 m x 9 m



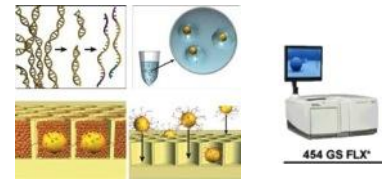
ARVALIS
Institut du végétal



ADN de sol



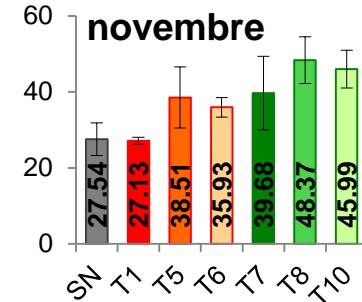
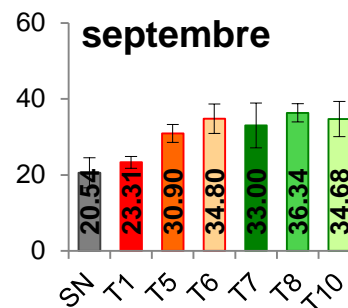
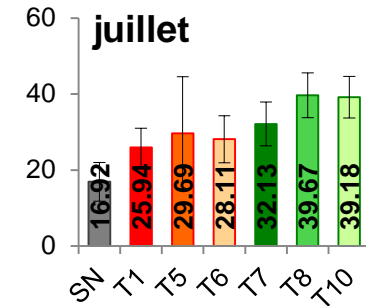
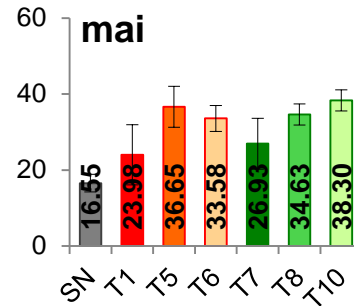
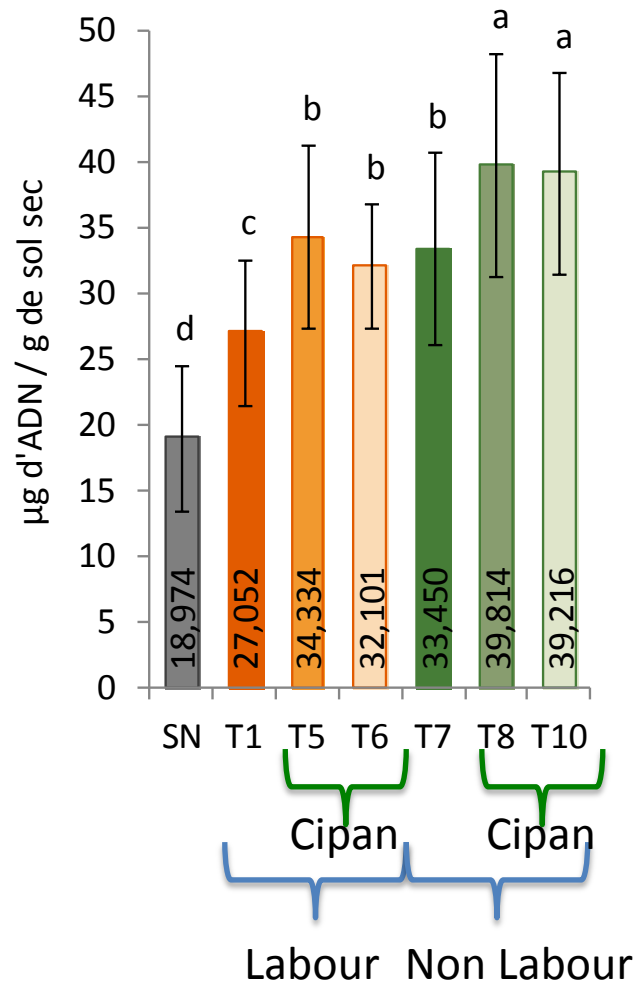
**Biomasse Moléculaire
Microbienne**



**Indices de diversité
Inventaires taxonomiques**



Impact du travail du sol sur la biomasse microbienne du sol

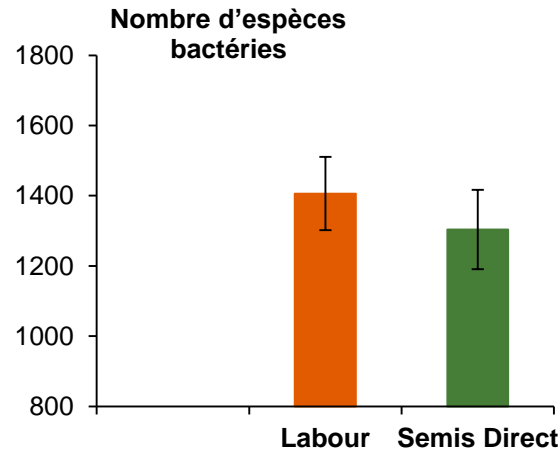


**Indicateur stable dans le temps
Effet CIPAN toute l'année**

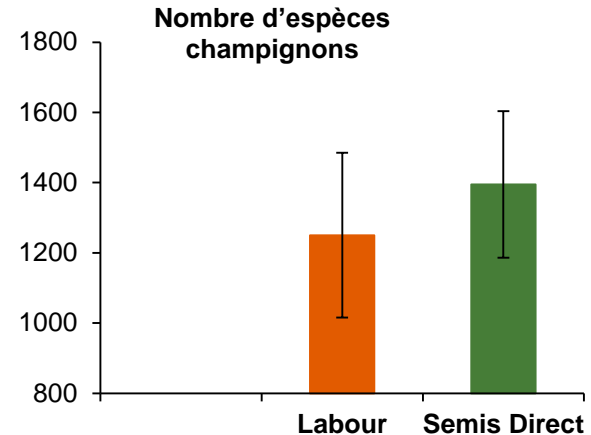
Impact du labour, effet positif des CIPAN

Impact du travail du sol sur la biodiversité microbienne du sol

Communautés bactériennes

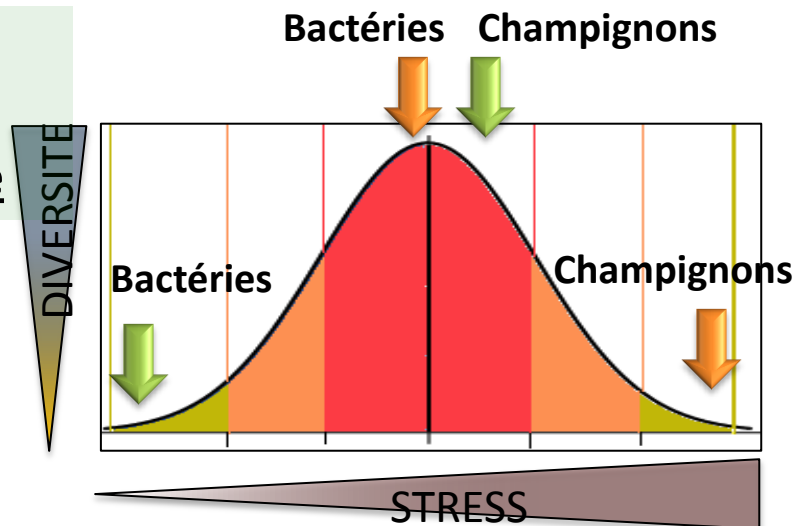


Communautés champignons



➔ Labour augmente la diversité bactérienne et baisse la diversité de champignons

Modèle de perturbation intermédiaire



LABOUR = Perturbation intermédiaire pour les bactéries et forte pour champignons

-NON LABOUR = Perturbation faible pour les bactéries et intermédiaire pour les champignons

CASDAR Agrinnov

Développement de bioindicateurs microbiens

- Pour les exploitants agricoles (CASDAR Agrinnov)



Formations théoriques à la biologie du sol
Formations pratiques à l'utilisation des Bio-Indicateurs



Equiper les agriculteurs de savoir et d'outils pour évaluer leurs pratiques *via* la biologie de leurs sols



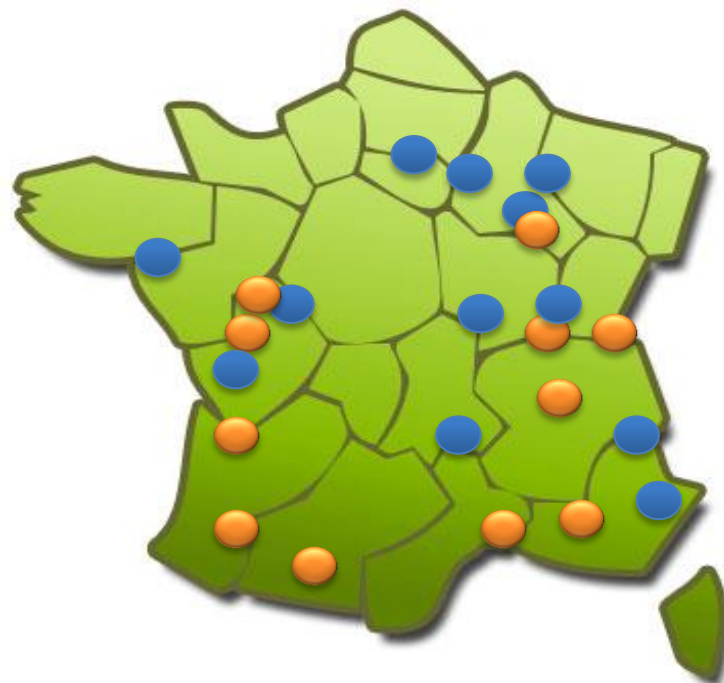
OFSV



Viticulture



Gde culture



L'aboutissement du référentiel – Mise au point de modèles prédictifs sur la biomasse et la biodiversité des sols



Biomasse moléculaire

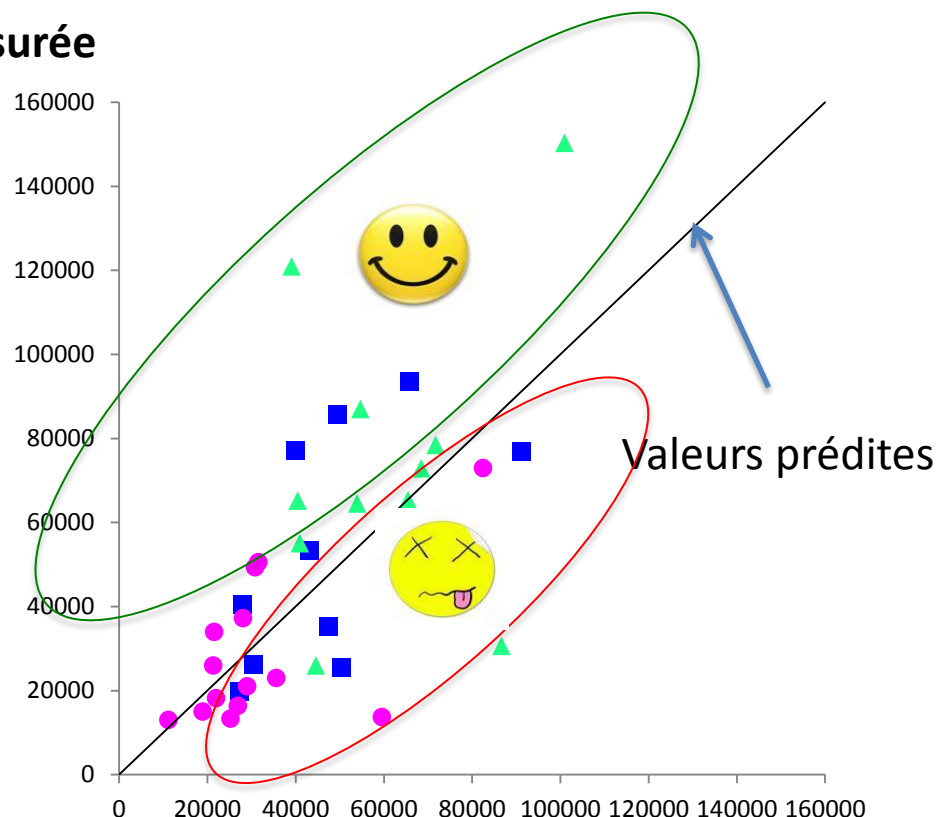
mesurée

Biomasse moléculaire

Modèle polynomial non linéaire

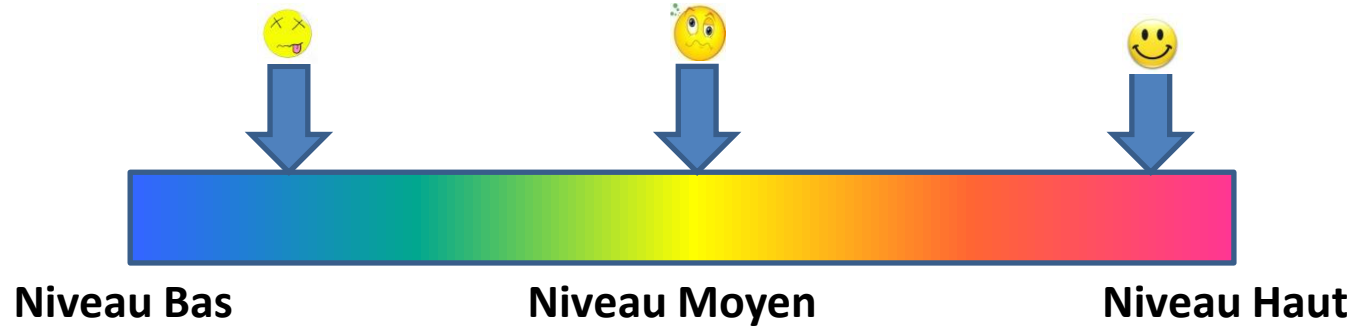
$$Y = \beta_0 + \sum (\beta_j X_j + \beta_j X_j^2) + \sum \sum \beta_{jk} X_j X_k + \varepsilon$$

Biodiversité
(modèle en cours)



Biomasse moléculaire prédite

Curseur abondance, indice de diversité (microbes, lombrics, nématodes) Selon chaque pédo-climat

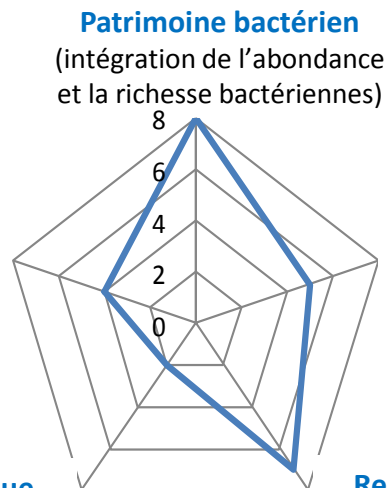



Diagnostic état biologique
Evaluation des pratiques

Analyse des services

Etat sanitaire
(dépend des microorganismes potentiellement pathogènes)

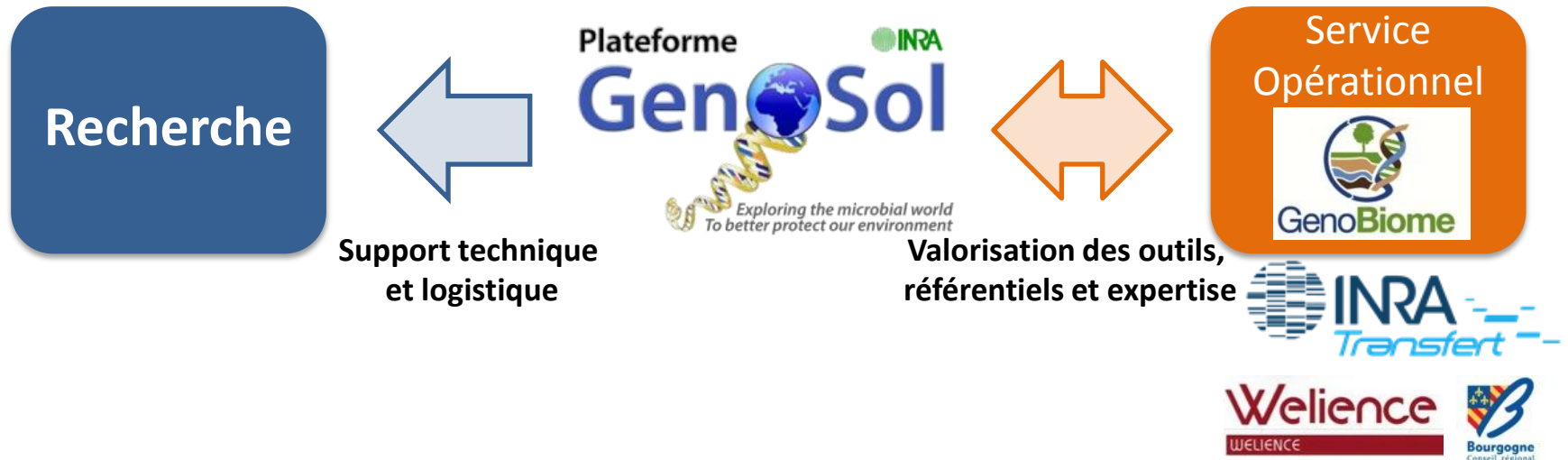
Stabilité biologique
(microorganismes indicateurs de sols non perturbés)



Patrimoine champignons
(intégration de l'abondance et la richesse champignons)

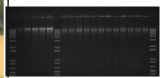
Recyclage éléments minéraux (fertilité biologique)
(microorganismes impliqués dans la dégradation de la MO)

De GenoSol à Genobiome



Les indicateurs microbiologiques

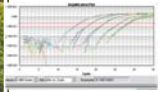
Microorganismes du sol = Bio-indicateurs de l'état biologique et des services écosystémiques



Abondance
BMM



Impact sur la vie biologique (mode d'usage, pratiques...)



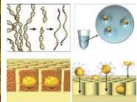
Densité
qPCR

Bactéries
→
Champignons

Ratio
Champ/Bactéries



Qualité de la MO présente et capacité de dégradation



Diversité
Pyroséquençage

Indices de diversité

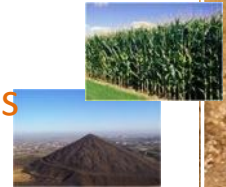


Assurance écologique

Composition taxonomique



Etat écologique et potentialités fonctionnelles du sol (fertilité, état sanitaire, bioremédiation...)



Fonctionnement biologique du sol
Mesures de minéralisation (C) de MO endogène et exogène



Capacités microbiennes : stockage/déstockage MO



Mesure des indicateurs microbiologiques

- Exploitants agricoles: *évaluation des pratiques innovantes*
- Coopératives: *ouverture à une offre de services analytiques en biologie du sol*
- Chambres d'agriculture, Instituts techniques: *suivi d'essais*
- Municipalités, régions: *aménagement du territoire*
- Parcs naturels, ONF, propriétaires forestiers: *qualité biologique des sols*
- Industriels de l'agrofourriture et de l'environnement
- Etc...



Mise en place de projets adaptés à des problématiques spécifiques

→ *Qualification environnementale des **produits de l'agrofourniture** (innocuité, processus biologiques associés,...).*



→ *Etude d'**impact d'activités industrielles** sur l'état biologique et écologique de l'environnement.*



→ ***Surveillance de sites agricoles, naturels et industriels** (capacités de réhabilitation biologique,...)*



Rendu de résultats avec expertise scientifique