

# La microbiologie des sols au service d'une viticulture durable

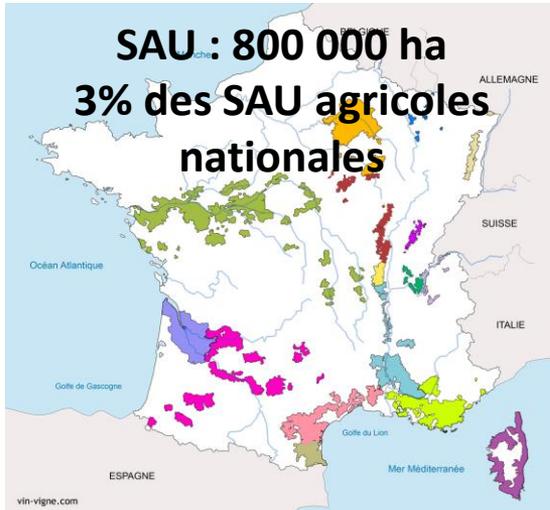


Agroécologie  
Dijon  
Unité de Recherche

Lionel RANJARD

INRAE Dijon - UMR Agroécologie

# Contexte Viticole Français



## Pratiques viticoles :

- consommatrices de produits phytosanitaires : 20% sur 3% des SAU
- forte mécanisation
- culture pérenne avec mauvaise couverture des sols



Erosion

Baisse de biodiversité

Durabilité des modes de production ?  
Acceptabilité sociétale



Produire autant voire plus, mais mieux !



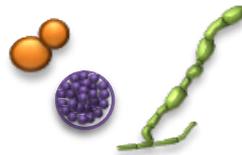
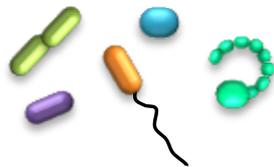
Sol



**OBSOLETE**

simple support **inerte** de **production**

Ecosystème avec un **patrimoine biologique**  
à même de rendre des **services** pour les sociétés humaines

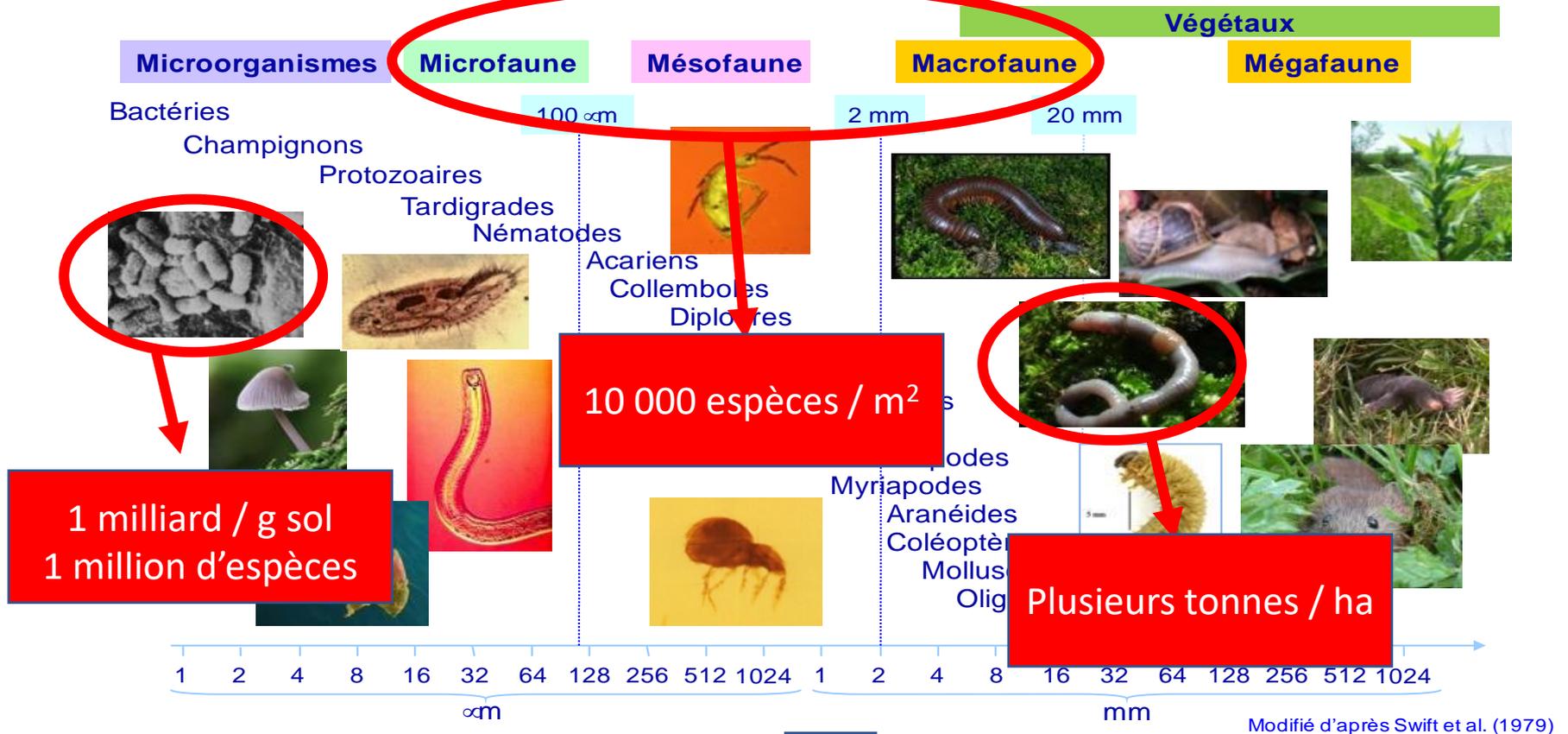


**Agroécologie**

Sol = Bras de levier pour créer des systèmes de culture innovants

# Le sol, un effervescence de Biodiversité !

de l'infiniment petit au visible



**Sol 3ème frontière biotique de notre planète**  
**59% de la biodiversité totale de notre planète**

# Un patrimoine microbiologique gigantesque !

*Plus de microorganismes dans 1m<sup>2</sup> de sol que d'étoiles dans le ciel ! (H Reeves)*

## Enorme abondance et diversité



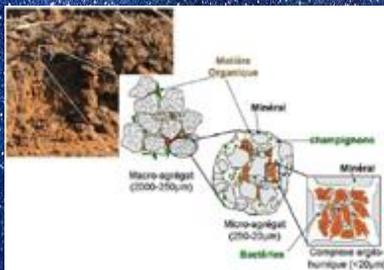
10<sup>9</sup> bactéries  
10<sup>6</sup> espèces



10<sup>6</sup> champignons  
10<sup>3</sup> espèces



## Implication dans de nombreuses fonctions



Structuration du sol



Minéralisation matière organique,  
recyclage carbone, nutriments

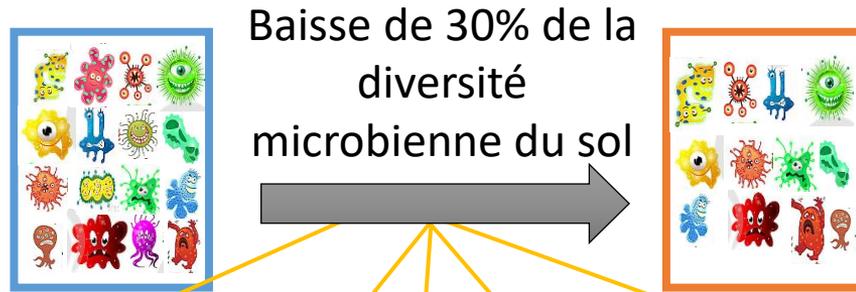


Dépollution du sol

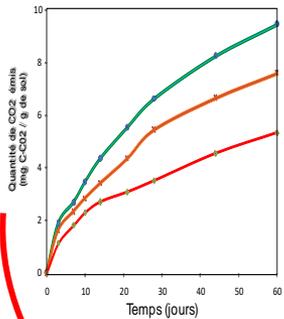


Lutte contre  
pathogènes

# Des preuves expérimentales de l'intérêt de la biodiversité



**-40%**  
de minéralisation  
de la matière  
organique



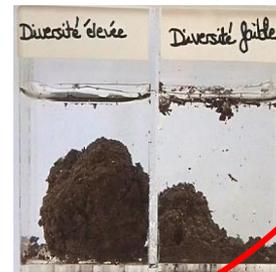
**-50%**  
de la productivité  
végétale



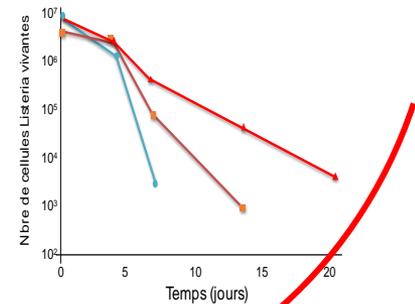
**-15%**  
de récupération  
après sécheresse



**-50%**  
de la stabilité  
structurale du sol



**x3**  
du temps de survie des  
pathogènes



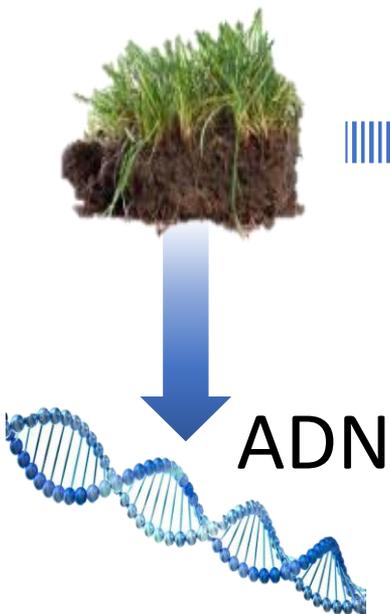
**Fertilité  
biologique**

**Fertilité  
physique**

**Etat sanitaire**

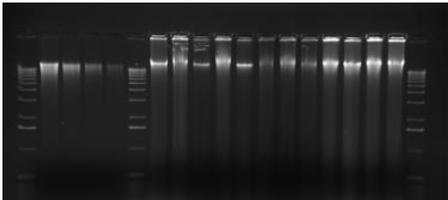
# Comment mesure-t-on l'abondance et la diversité microbienne des sols ?

De nouveaux outils :  
l'écologie moléculaire



Métagénome du sol = Ensemble des génomes de tous les micro-organismes

Quantité d'ADN dans le sol



Biomasse moléculaire microbienne

**BIOMASSE MICROBIENNE**



Séquençage

Indices de diversité et inventaire des espèces

**DIVERSITE MICROBIENNE  
IDENTIFICATION DES ESPECES**

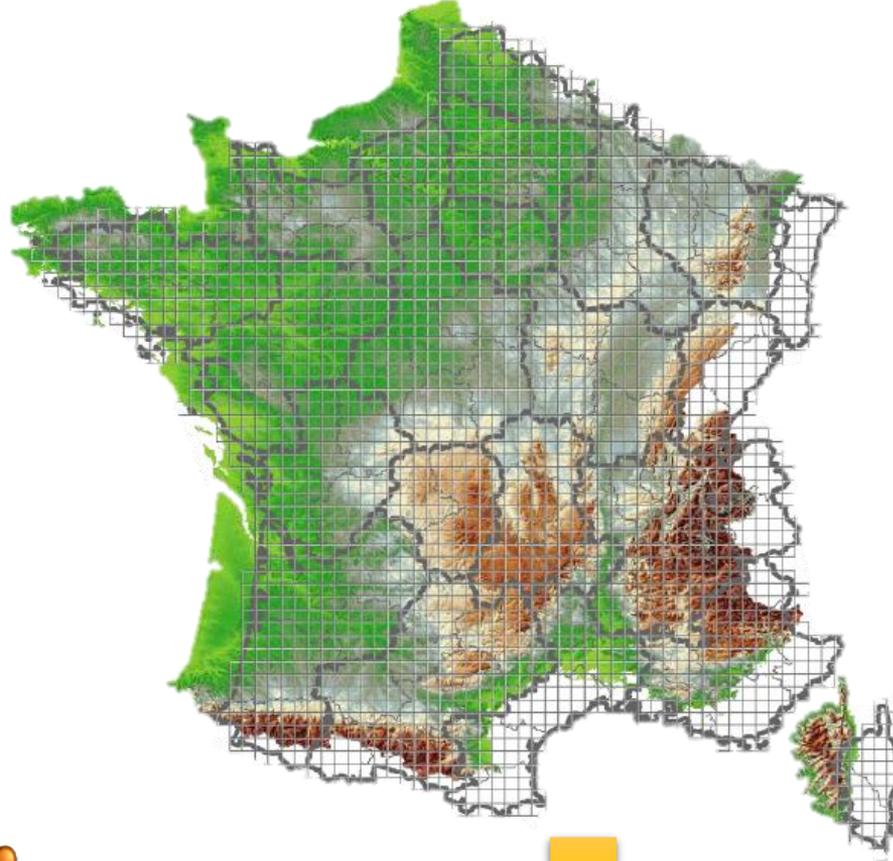
# Etat microbiologique des sols viticoles en France ?



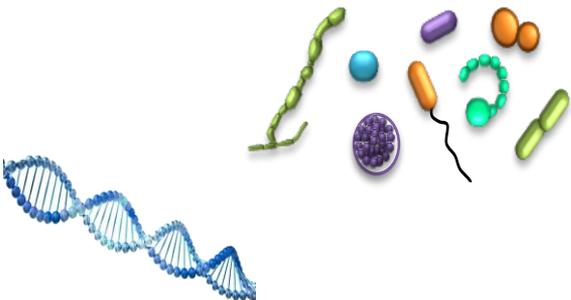
# Le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols, une opportunité stratégique à la française !



RMQS : 2200 sites sur une grille de 16 x 16 km

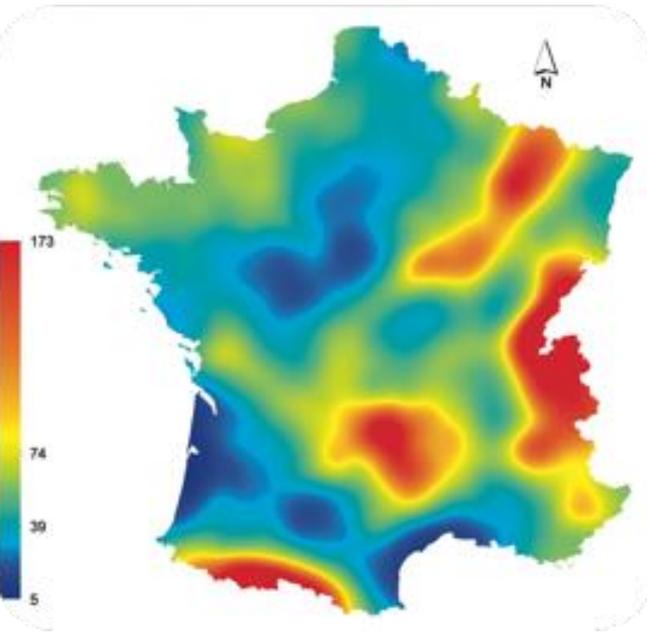


Application d'outils de microbiologie moléculaire  
Abondance, diversité des communautés microbiennes  
**Biogéographie Microbienne**



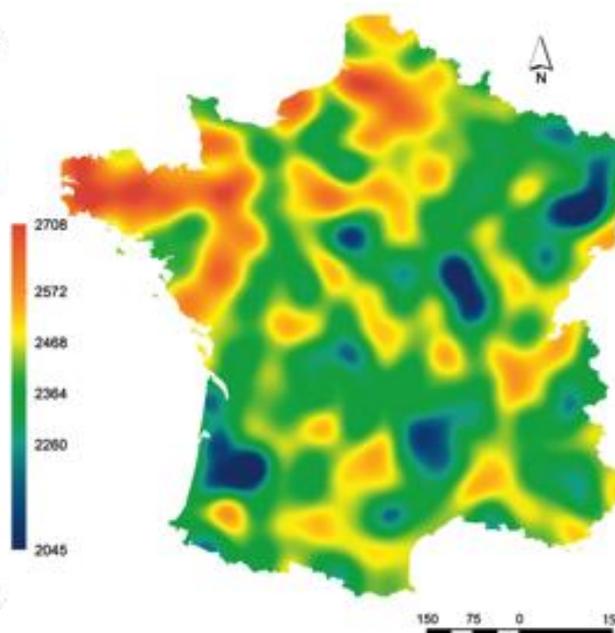
# La France, 1<sup>er</sup> pays a faire un inventaire de la qualité microbiologique de ces sols !

Biomasse moléculaire Microbienne



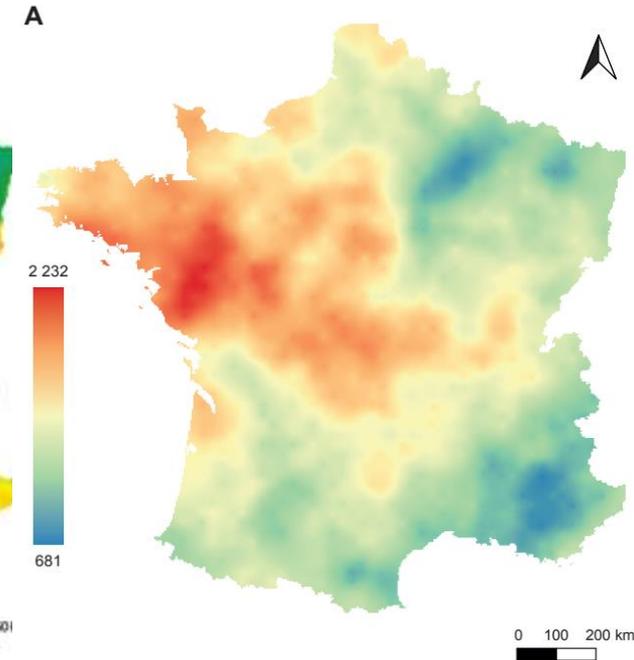
2011

Diversité bactérienne



2015

Diversité champignons



2020

**Pas de sols morts !  
Mais des sols plus ou moins vivants !**

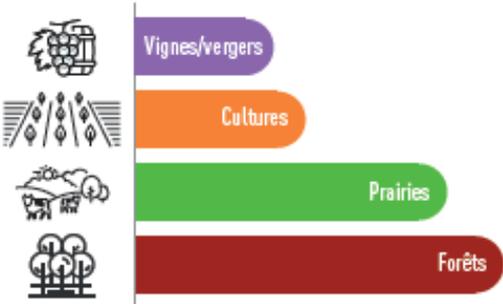
# Des causes naturelles et moins naturelles !

## Abondance des microorganismes

Effet sol



Effet mode d'usage

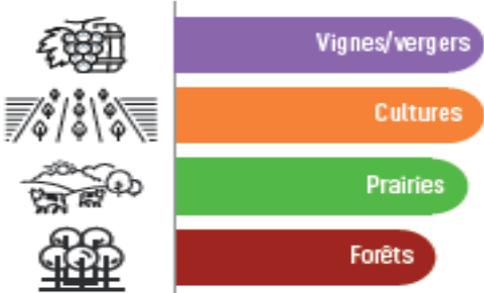


## Diversité bactérienne

Effet sol



Effet mode d'usage

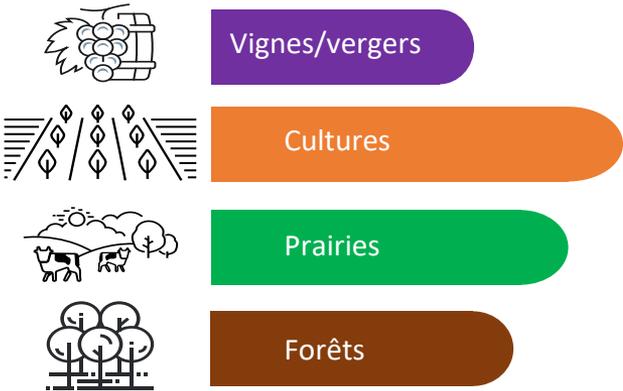


## Diversité champignons

Effet sol



Effet mode d'usage



# L'augmentation de diversité dans les sols agricoles est elle bénéfique ?

## *Réseaux d'interactions bactériens !*

Forêt



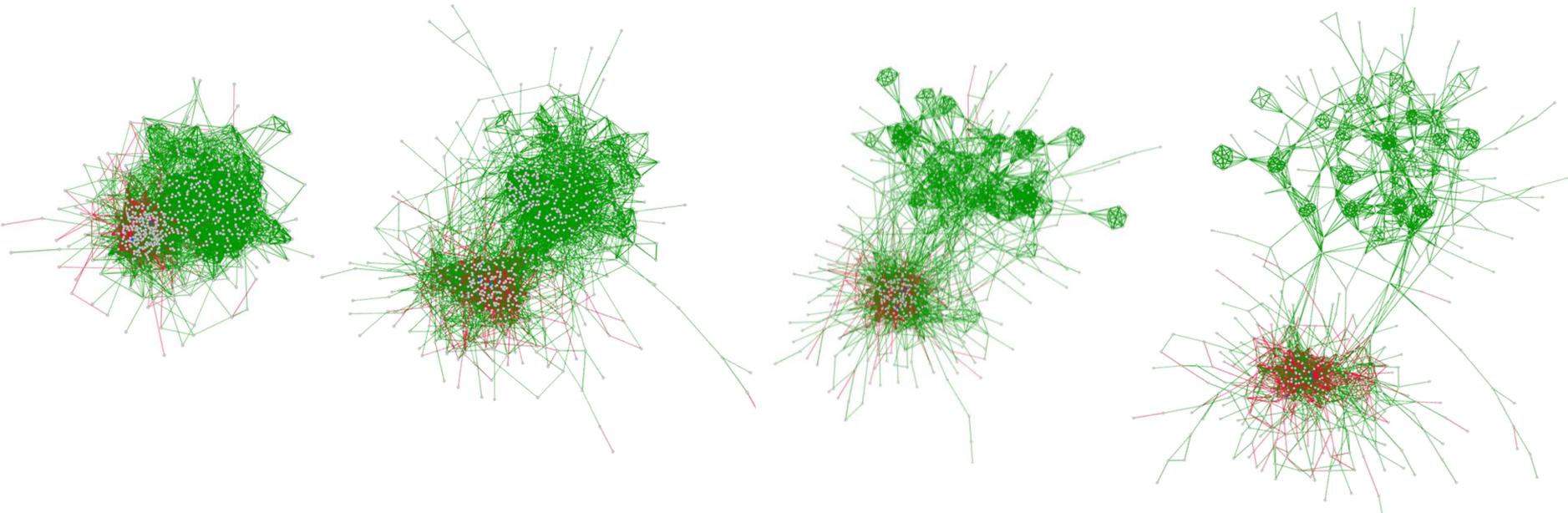
Prairie



Culture  
céréalière



Vignes



Les réseaux de bactéries du sol sont **moins complexes et cohésifs** dans **les sols agricoles**.

→ Moins de coopération entre les espèces

→ Fonctionnement du sol affecté !



L'INRA ET L'ADEME PRÉSENTENT

# ATLAS FRANÇAIS DES BACTERIES DU SOL



2018

Battle KARIMI,  
Nicolas CHEMIDLIN PREVOST BOURE,  
Samuel DEQUIEDT, Sébastien TERRAT  
Lionel RANJARD



Agroécologie  
Dijon  
Unité de Recherche



RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE



# Atlas français des Champignons du sol



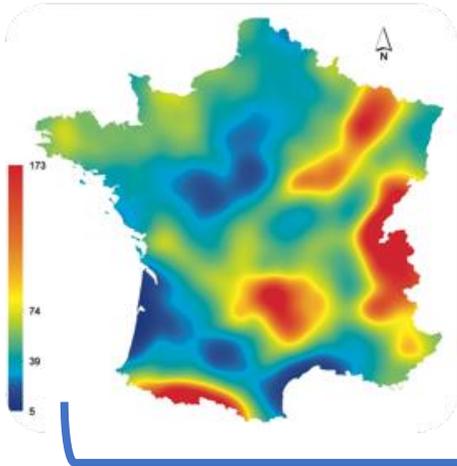
2024

Christophe DJEVIEL,  
Sébastien TERRAT,  
Samuel DEQUIEDT,  
Claudy JOLIVET,  
Pierre-Alain MARON,  
Lionel RANJARD

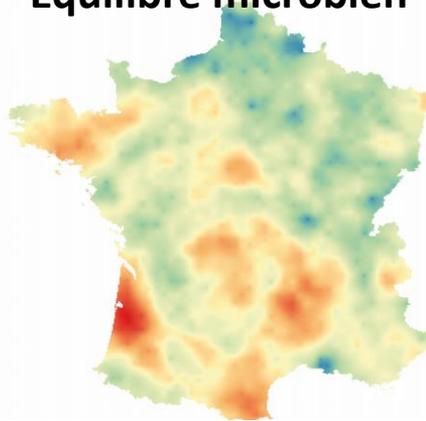


# Des outils de recherche qui deviennent des indicateurs

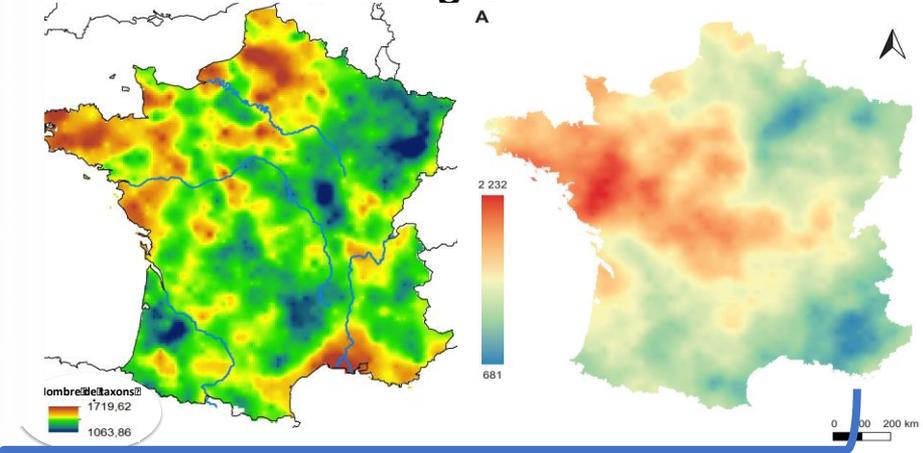
Abondance microbienne



Equilibre microbien



Diversité bactérienne et fongique des sols



« Indicateur national sol »

Modèle prédictif :

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



« Indicateur national sol »

Diagnostic qualité microbiologique du sol

Seuil critique<sup>17</sup>  
(-30%<sup>18</sup>VR)<sup>2</sup>

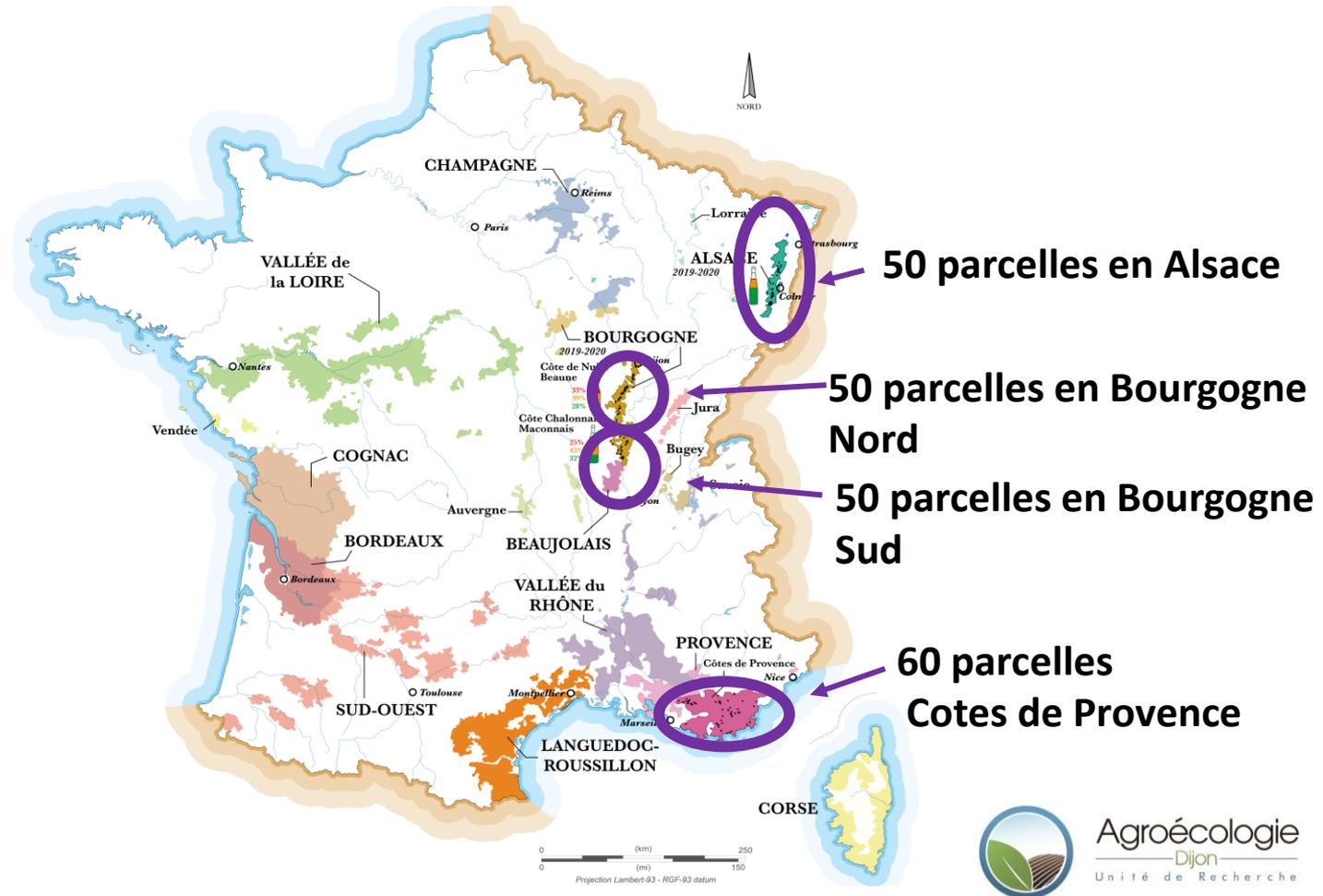
Valeur de référence<sup>2</sup>



# Et dans les territoires viticoles français ?

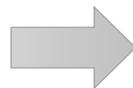


## Evaluer la qualité microbiologique des sols dans les territoires viticoles

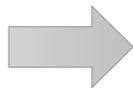


# Une Stratégie participative

**150 parcelles**  
**Implication des vignerons dans :**  
Les questionnements en amont  
Les observations terrain  
La collecte des données  
L'interprétation des résultats



**Dvpt Formations**

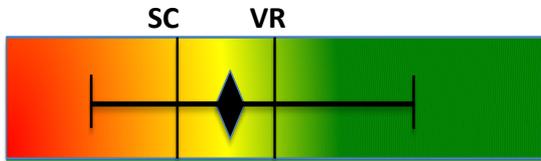


**Rendu analytique :  
diagnostic  
Interprétation collective**

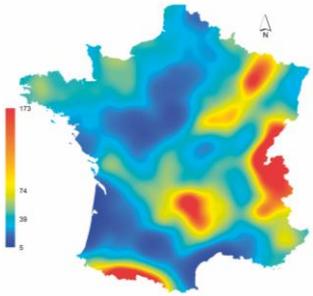


# Différents types d'indicateurs

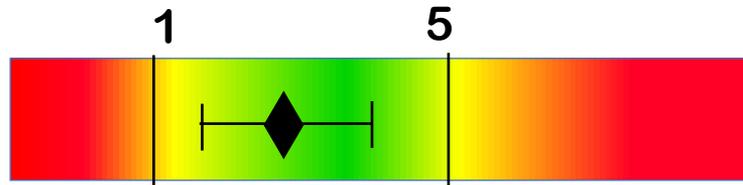
Biomasse microbienne



Le plus le mieux !

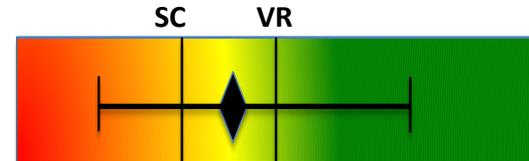


Equilibre microbien  
Ratio  
Champignons/Bactéries

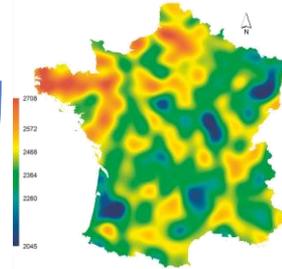


Optimum

Diversité microbienne  
Bactéries et Champignons



Le plus le mieux !



Bilan de la qualité microbiologique

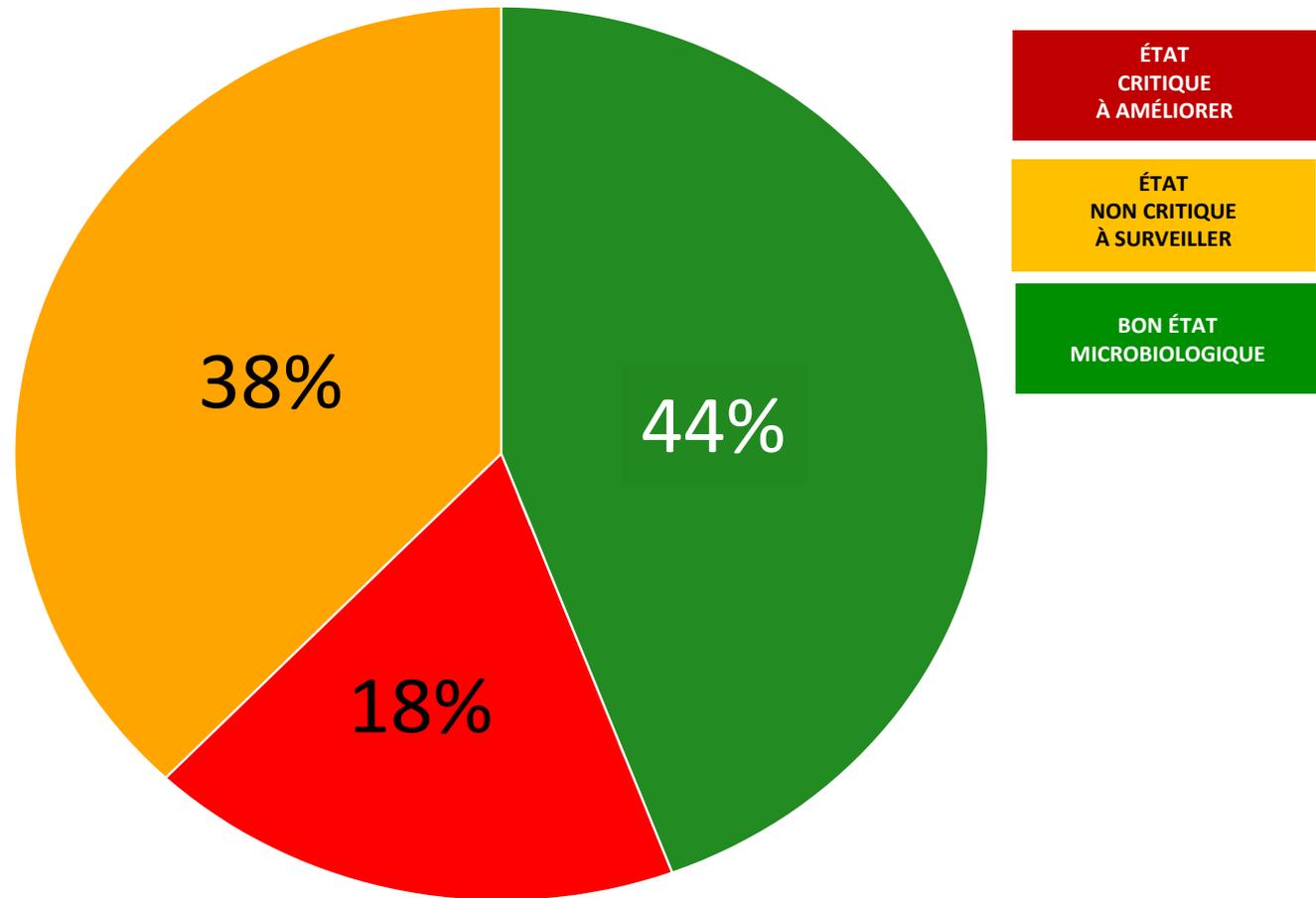
ÉTAT  
CRITIQUE  
À AMÉLIORER

ÉTAT  
NON CRITIQUE  
À SURVEILLER

BON ÉTAT  
BIOLOGIQUE

# Analyse globale du réseau

% de parcelles en fonction de leur qualité microbiologique



**Les sols viticoles ne sont pas morts !**

# Typologie générale des pratiques viticoles / territoire



Travail du sol

Alsace

Faible

Côtes  
de Provence

Moyen

Chalon  
Mâcon

Fort

Côtes de Nuits  
/ Beaune

Fort



Enherbement

Fort

Fort

Moyen

Faible

Durée  
Enherbement

long

court/long

long

court



Fertilisation  
organique

Faible

Fort

Faible

Fort



Restitution  
Sarments

Fort

Fort

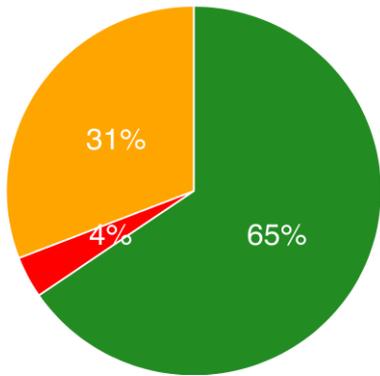
Moyen

Faible

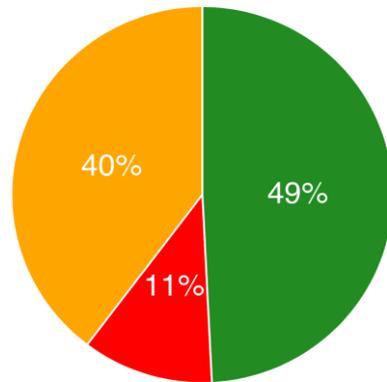
Intensification des pratiques

# Qualité microbiologique globale des sols viticoles entre les territoires

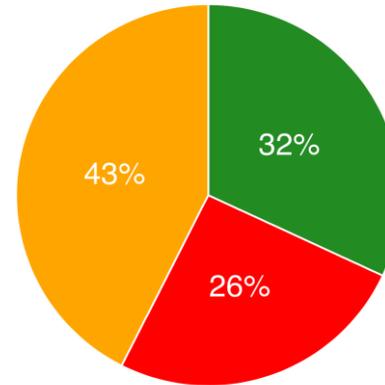
Alsace



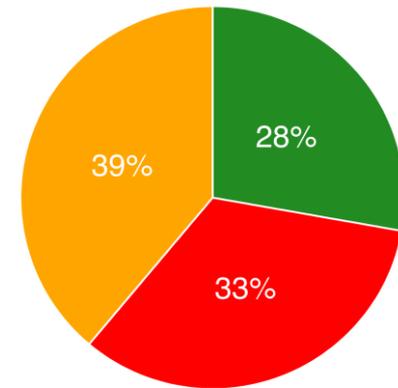
Côtes de Provence  
(% parcelles)



Chalon / Mâcon



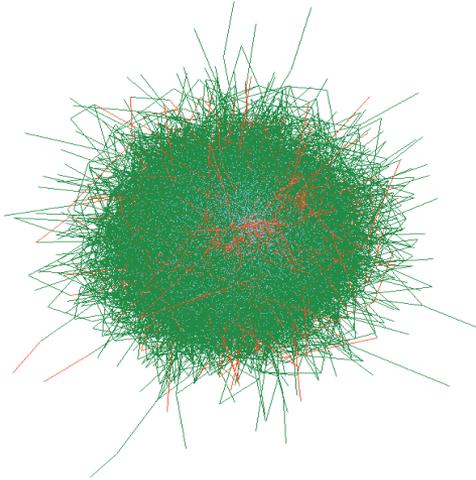
Côte Nuits /  
Côte Beaune



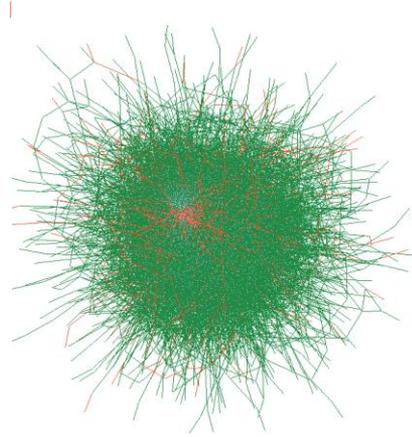
**L'intensification des pratiques viticoles  
dégradent la qualité microbiologique des sols**

# Réseaux d'interactions microbiens par territoire

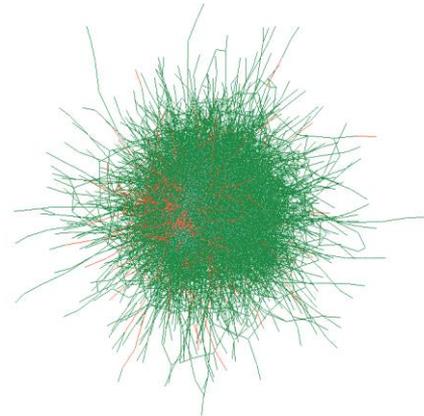
**Alsace  
(141 737  
interactions)**



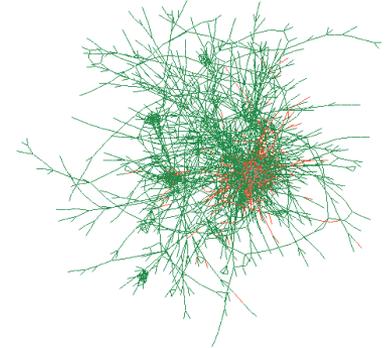
**Côtes de Provence  
(52 171 interactions)**



**Bourgogne  
du Sud  
(22 626 interactions)**



**Bourgogne  
du Nord  
(4 932 interactions)**

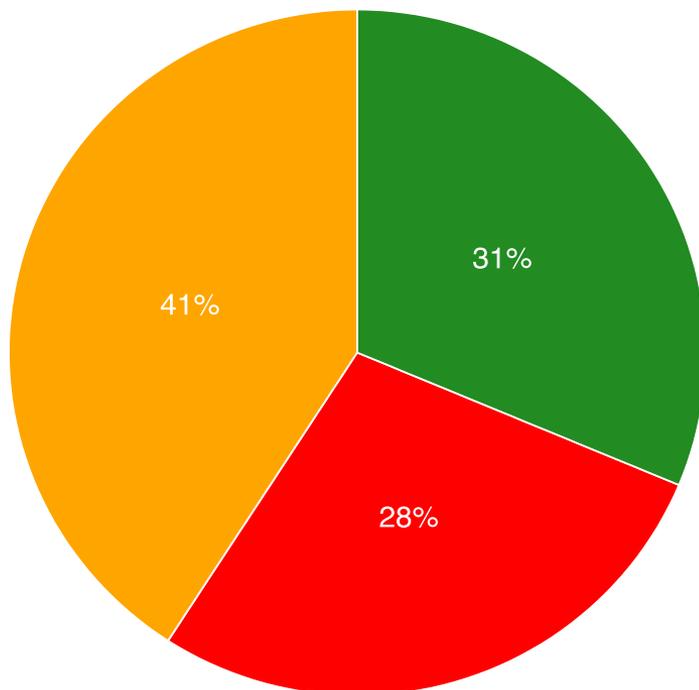


**Intensification des pratiques**

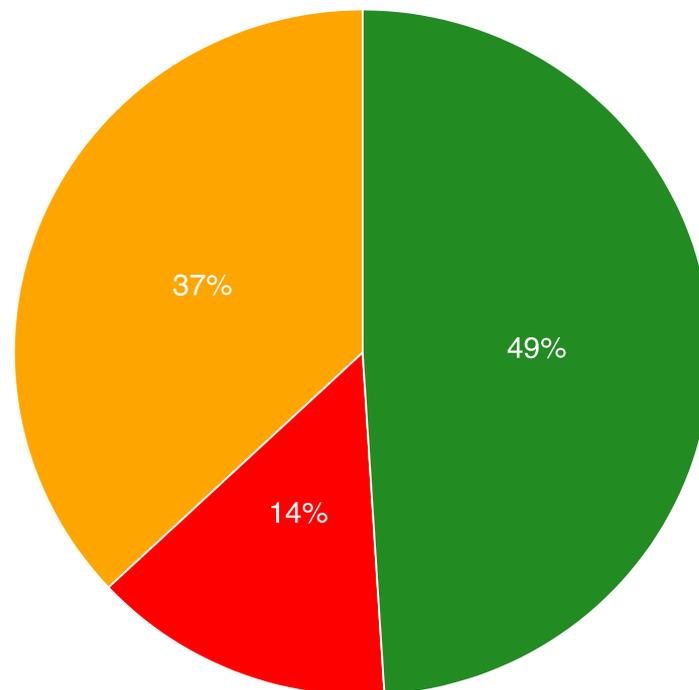


# Impact des pratiques viticoles

Parcelles labourées



Parcelles sans labour/enherbées



# Impact des pratiques viticoles sur le bilan de la qualité microbologique



**Travail  
du sol**



**Enherbement**



**Fertilisation  
organique**



**Sarments**



# Côtes de Nuits

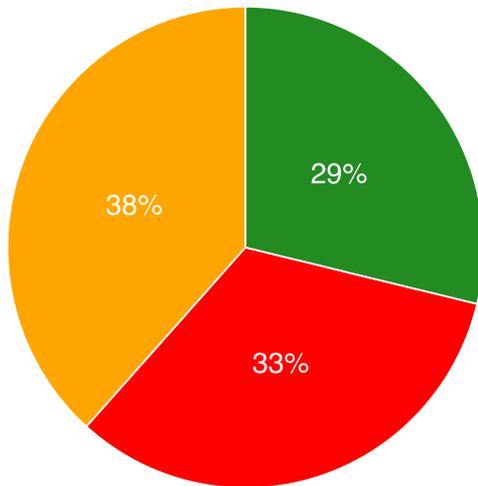


et...en Alsace !

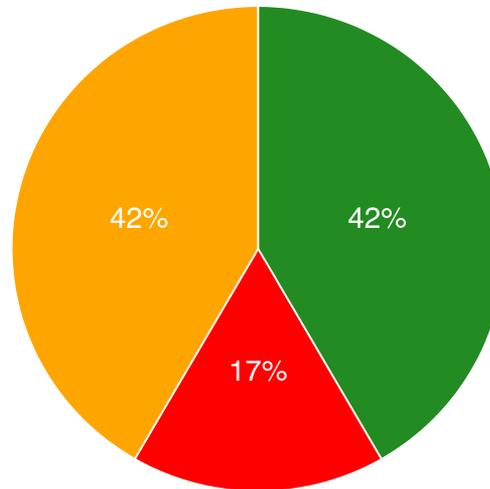


# Et les Modes de production ?

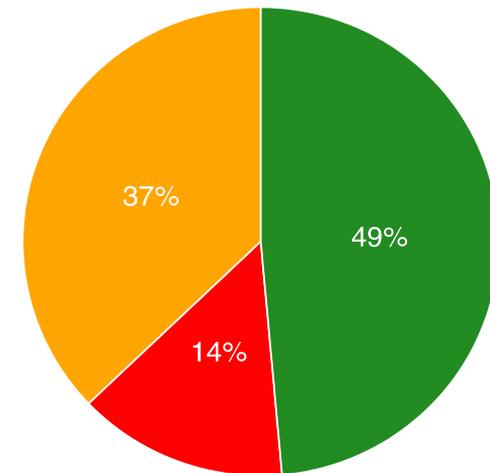
**Conventionnel**



**AB**

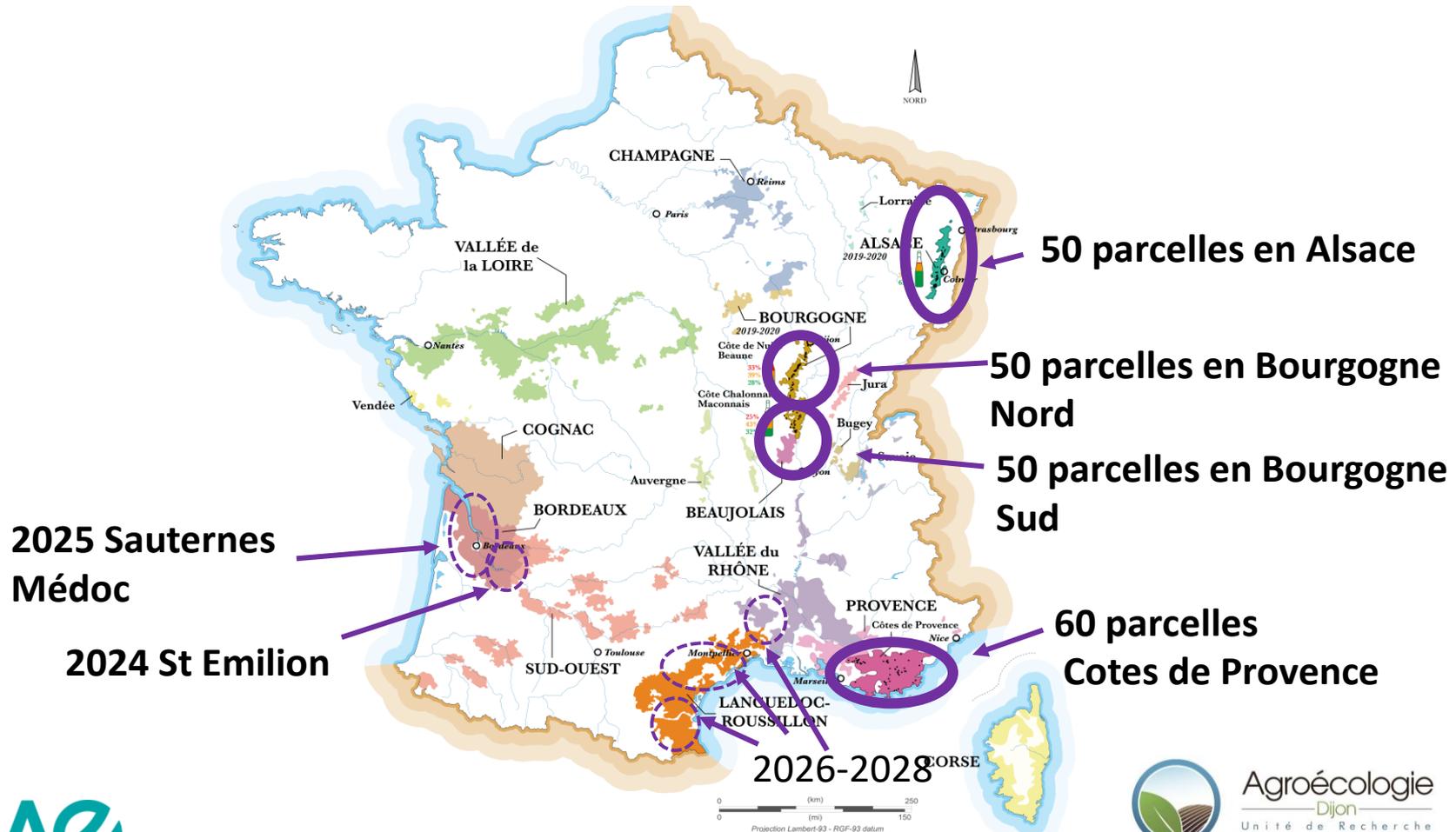


**Biodynamie**



**Amélioration significative de la qualité microbiologique des sols en AB et Biodynamie**

## Evaluer la qualité microbiologique des sols dans les territoires viticoles





# Prix de l'innovation environnementale 2023



## L'équipe associée

PA Maron



S Dequiedt



S Terrat



N Chemidlin



C Zappelini



C Djemiel



B Karimi



J Tripied

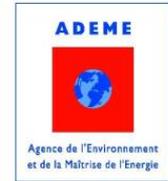


M Lelievre





Financé par  
**ANR**



**Merci pour votre attention**



**INRAE**

