

# LA VIE DU SOL DANS LES VIGNOBLES, RELATIONS AUX PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL ET LA NUTRITION DE LA VIGNE



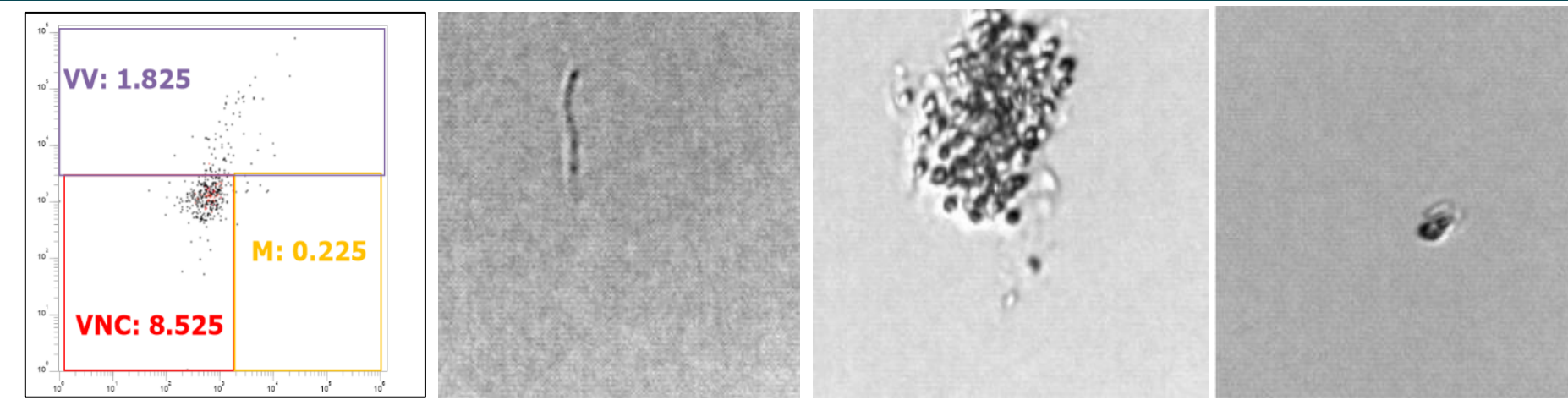
Clotilde ASCHERO<sup>(2)</sup>, Sophie ADLER<sup>(1)</sup>, Guillaume DESPERRIÈRES<sup>(2)</sup>, Fanny HERNANDEZ<sup>(1)</sup>, Matthieu CHAZALON<sup>(2)</sup>, Matthieu DUBERNET<sup>(1&2)</sup>  
<sup>(1)</sup> Laboratoires Dubernet, 35, rue de la combe du meunier, 11100 Montredon des Corbières - France  
<sup>(2)</sup> Société de Recherche et de Développement Viticole (SRDV), 35, rue de la combe du meunier, 11100 Montredon des Corbières - France

## Introduction

Les micro-organismes du sol revêtent un rôle clé dans la qualité de ces derniers (Christel, 2022). Ils sont impliqués dans de nombreuses fonctions du sol influant directement la matière organique, la biodisponibilité des éléments nutritifs pour la vigne, la structuration du sol ou encore la dégradation des polluants (Karimi et al., 2018). Des premières observations révèlent des liens entre la vie des sols et leurs paramètres physico-chimiques ou avec les pratiques culturales (Terrat et al., 2017). Une meilleure compréhension des processus qui génèrent et maintiennent les microorganismes des sols est requise pour accompagner l'évolution des pratiques dans le contexte actuel de transition agro-écologique des vignobles. Ainsi, la cytométrie en flux, associée à l'emploi de techniques de marquage cellulaire fluorescent sélectif conduit à une toute nouvelle méthode d'analyse microbiologique (Bressan et al., 2015). Celle-ci permet la mise en œuvre en routine de l'analyse simultanée et distincte des champignons, des bactéries et des protistes. L'objectif de cette étude est d'établir des statistiques robustes caractérisant les liens entre :

- Microbiologie des sols et matière organique
- Microbiologie des sols et pratiques culturales (travail du sol, enherbement)
- Microbiologie du sol et nutrition du végétal (assimilation du fer)
- Microbiologie du sol et azote assimilable dans les moûts de raisins

## Matériels et méthodes



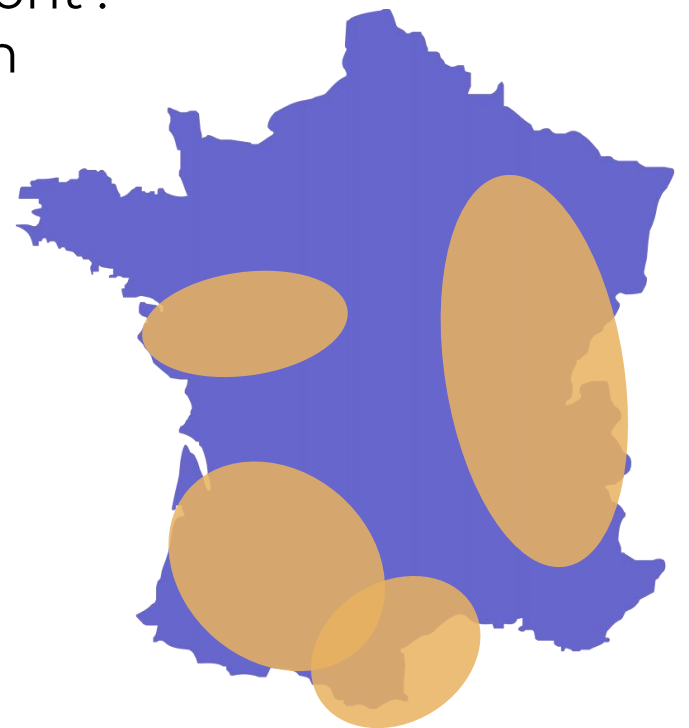
- Analyse microbiologique des sols : Méthode 3-Biom**
- Extraction solide-liquide
  - Cytométrie en flux (technique de FACS, fluorescence activated cell sorting)
  - Triple marquage cellulaire :
    - M1 = ADN
    - M2 = perméabilité membrane
    - M3 = activité enzymatique
- Microorganismes: Bactéries, Champignons, Protistes  
 → Totaux, Vivants Actifs, Viables Métaboliquement Inactifs, Morts



- Analyse des paramètres physico-chimiques des sols et des pétioles de vignes :**
- Eléments totaux (N, Corg, MO, pH, CaCO<sub>3</sub>, CEC)
  - Eléments échangeables (CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Fe, Mn, Zn, Cu)

### Echantillonnage

- 441 analyses de pétioles x analyses microbiologiques
- 981 analyses des paramètres physico-chimiques du sol x analyses microbiologiques
- 77 analyses de moût x analyses microbiologiques
- 1 350 analyses microbiologique de sols dont :
  - 577 sur le secteur Languedoc Roussillon
  - 282 sur le secteur Bordeaux-Sud Ouest
  - 195 sur le secteur Rhône
  - 30 sur le secteur Champagne
  - 17 sur le secteur Loire



## Résultats

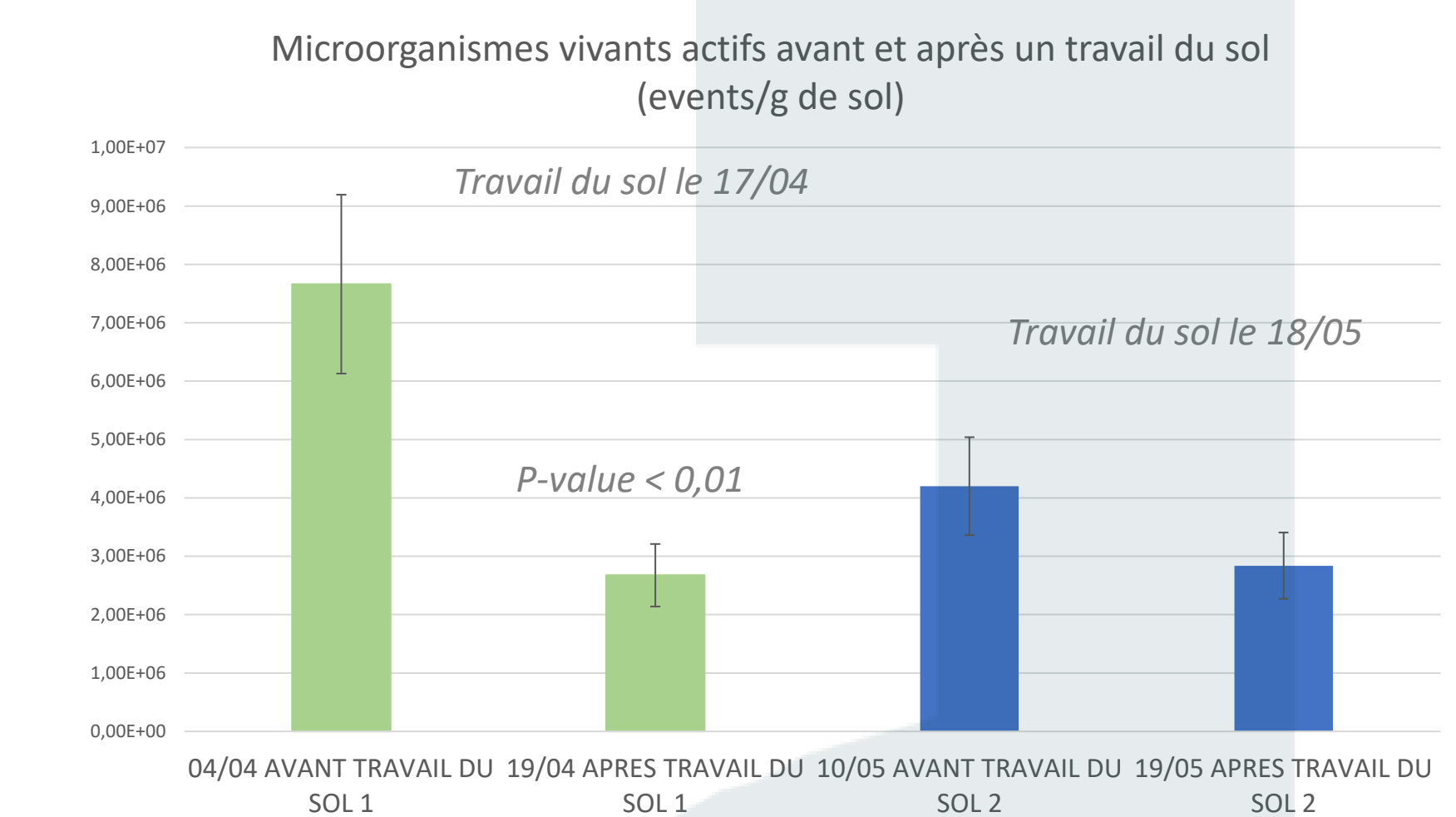
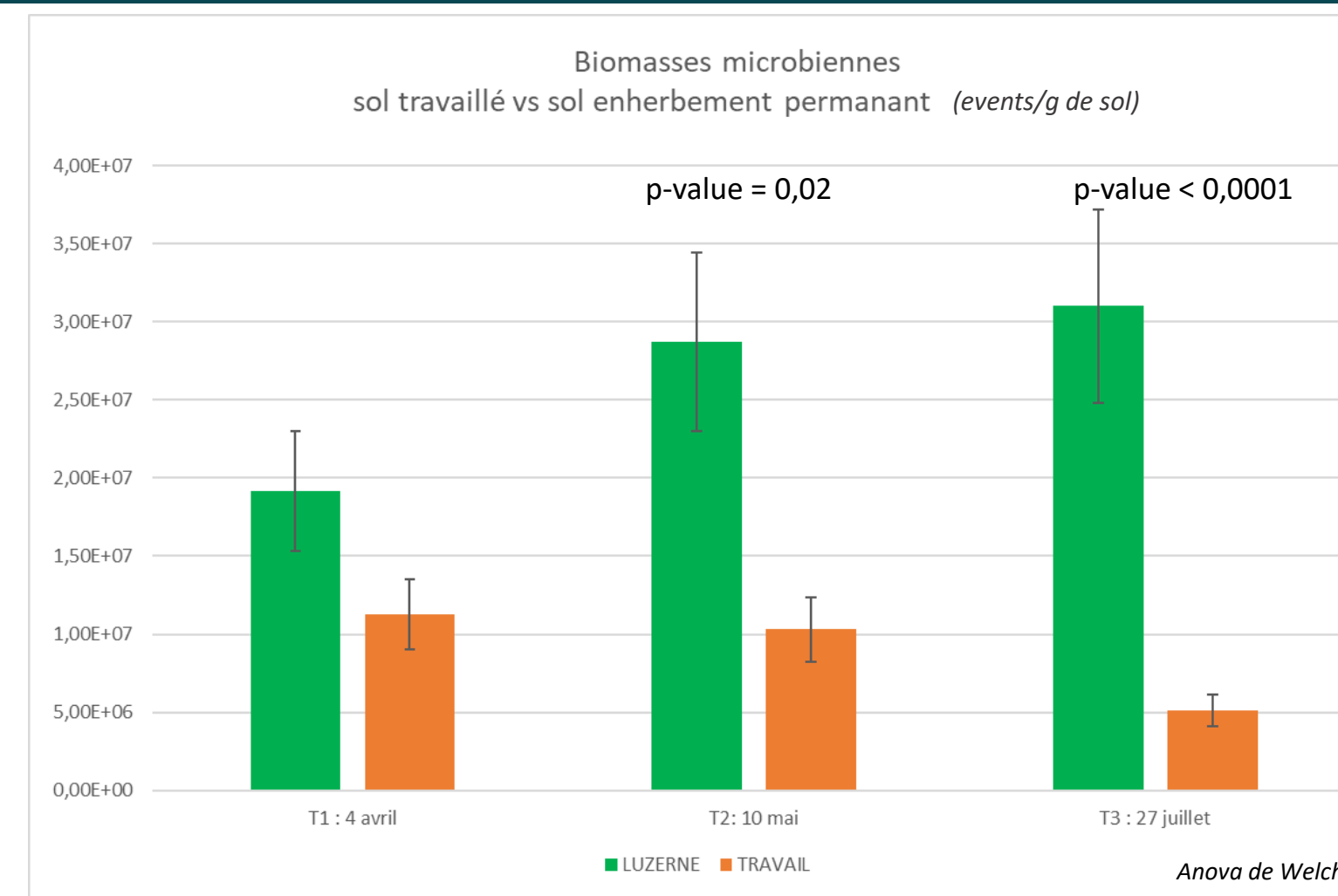
### PRATIQUES AGRONOMIQUES

Plus de microorganismes totaux sur les inter-rangs enherbés permanents (luzerne) que sur les inter-rangs nus et travaillés : 8 répétitions par modalité sur une même parcelle viticole alternant inter-rang enherbé et inter-rang nu et travaillé – Hérault (34)

→ Conforme avec la littérature (Salomé et al., 2016).

Le travail du sol diminue rapidement et temporairement la biomasse microbienne: 8 répétitions sur une même parcelle viticole – Hérault (34)

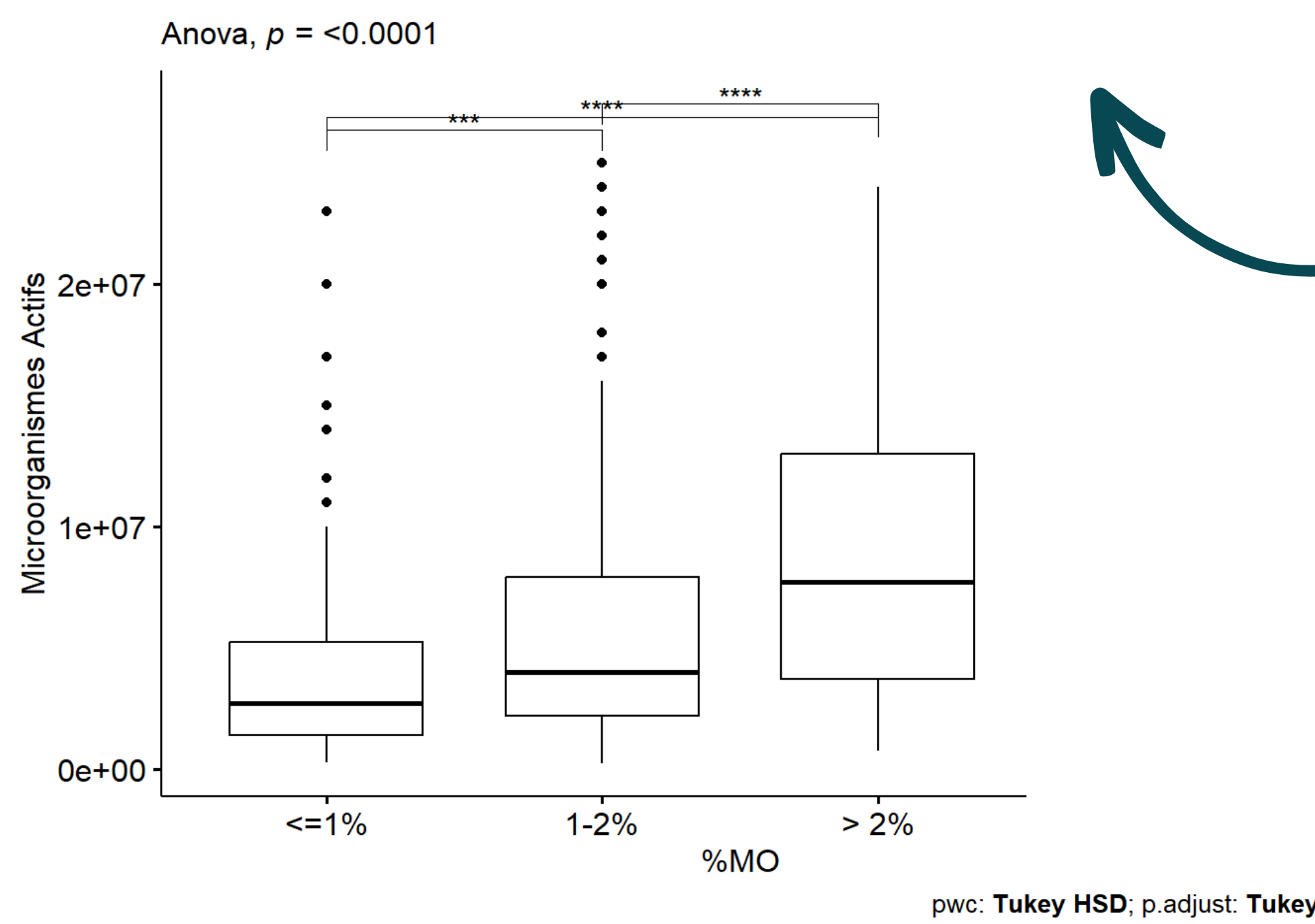
→ Conforme à ce que l'on trouve dans la bibliographie confirmant que la biomasse microbienne est généralement plus élevée dans les systèmes non perturbés (Six et al., 2006; Dequiedt et al., 2020; Coleman et Holland 1987).



### EQUILIBRE DU SOL

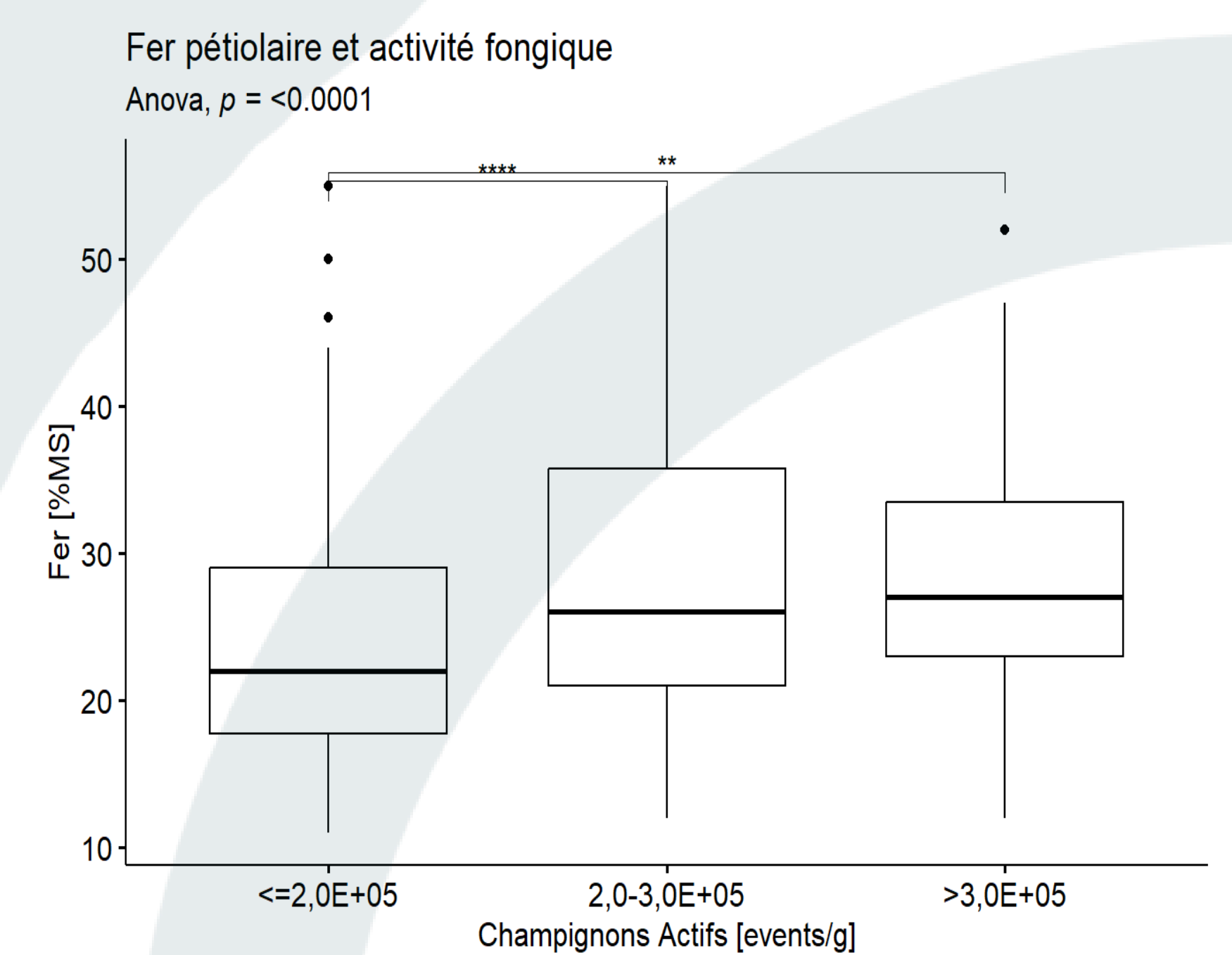
Corrélation positive entre la teneur en matière organique et les microorganismes actifs (n=981).

→ Conforme à la littérature (Schnurer et al., 1985)



### COMPORTEMENT DU VEGETAL

Corrélation positive entre les champignons actifs du sol et la teneur en fer assimilée dans les pétioles de vignes (n=441).

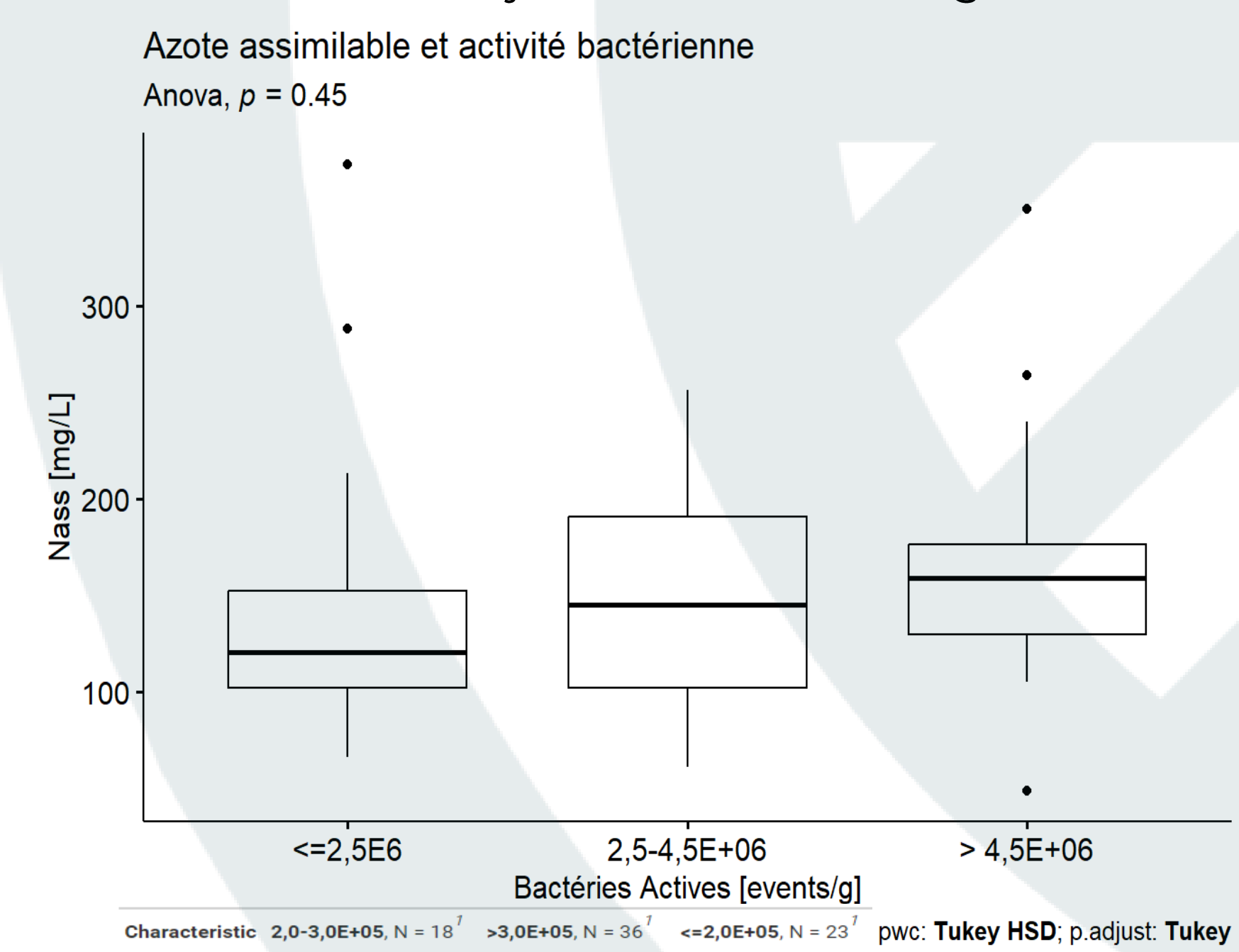
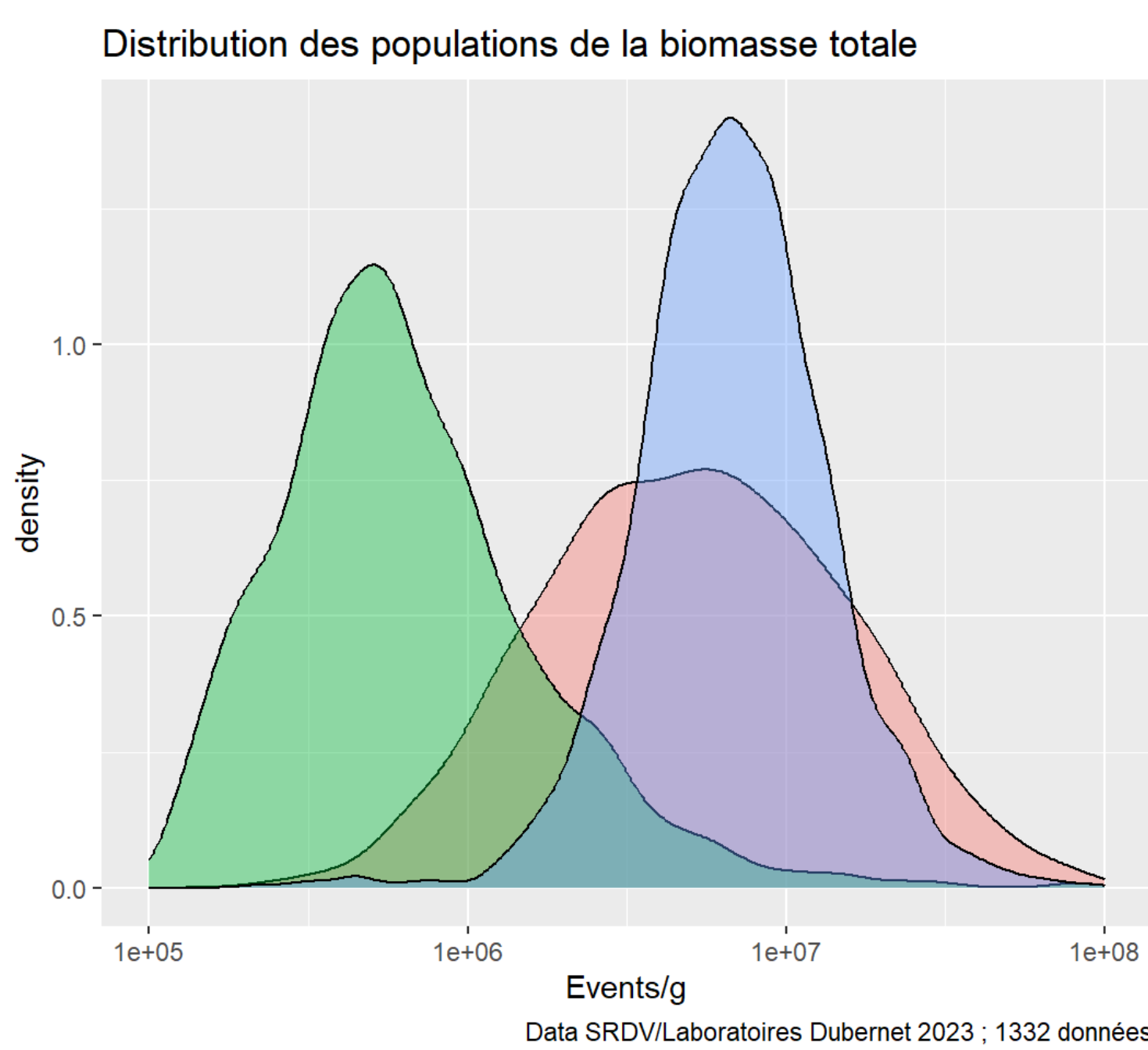


### MICROBIOLOGIE DU SOL

La majorité des microorganismes est sous forme métaboliquement inactive (VMI)

### EQUILIBRES CŒNOLOGIQUES

Tendance à plus d'azote assimilable dans les moûts des sols riches en bactéries actives. Pas de résultats statistiques pour l'instant mais objectif d'accroître significativement notre base de données en 2023 (n=77).



## Conclusions

Le développement d'indicateurs de mesure de la vie des sols fiables et accessibles est un enjeu majeur à la démocratisation de l'agro-écologie. La cytométrie en flux offre une méthode de quantification et d'identification directe et rapide. Les microorganismes actifs réagissent très rapidement aux modifications des conditions du milieu (climat, pratiques culturales...) et constituent un formidable reflet de la qualité de leur environnement.

Cette nouvelle méthode a permis de mettre en évidence l'influence de la teneur en matière organique des sols et d'autre part, de certaines pratiques culturales (enherbement, travail du sol) sur la vie des sols. L'étude du comportement végétal des pétioles de vignes a également permis d'établir une corrélation positive entre les champignons actifs des sols et la teneur en fer assimilée dans les pétioles. D'autres paramètres sont actuellement à l'étude, tout comme le lien entre les caractéristiques cœnologiques des vignes et le vivant du sol.

Références  
 Bressan M, Trinsoutrot Gattin I, Desaire S, Castel L, Gangneux C, Laval K. 2015. « A rapid flow cytometry method to assess bacterial abundance in agricultural soil ». Applied Soil Ecology 88 (avril): 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.12.007>.  
 Dequiedt S, Karimi B, Chemidlin Prévost-Bouré N, Terrat S, Horrigue W, Djemiel C, Lelièvre M. 2020. « Le RMQS au service de l'écologie microbienne des sols français ». Etude et Gestion des Sols, 28.  
 Christel A. 2022. « Méta-analyse sur l'impact des modes de production agricole sur la qualité écologique du sol ». Etude et Gestion des Sols, 28.  
 Coleman S, Holland E. 1987. « Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem ». Ecology 68 (avril): 425-33. <https://doi.org/10.2307/1939274>.  
 Karimi B, Terrat S, Dequiedt S, Saby N, Horrigue W, Lelièvre M, Nowak V. 2018. « Biogeography of soil bacteria and archaea across France ». Science Advances. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat1808>.  
 Salomé C, Coll P, Lardo E, Metay A, Villenave C, Marsden C, Blanchart E, Hinsinger P, Le Cadre E. 2016. « The soil quality concept as a framework to assess management practices in vulnerable agroecosystems: a case study in mediterranean vineyards ». Ecological Indicators 61 (février): 456-65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.047>.  
 Six J, Frey S.D, Thiet R.K, Batten K.M. 2006. « Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems ». Soil Science Society of America Journal 70 (2): 555-69. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0347>.  
 Schnürer J, Clarholm M, Rosswall T. 1985. « Bacterial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents ». Soil Biology and Biochemistry 17 (5): 611-18. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(85\)90036-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(85)90036-7).  
 Terrat S, Horrigue W, Dequiedt S, Saby N.P.A, Lelièvre M, Nowak V, Tripied J. 2017. « Mapping and predictive variations of soil bacterial richness across France ». PLOS ONE 12 (10): e0186766. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186766>.

# SOIL LIFE IN VINEYARDS, RELATIONSHIP TO SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES AND VINE NUTRITION



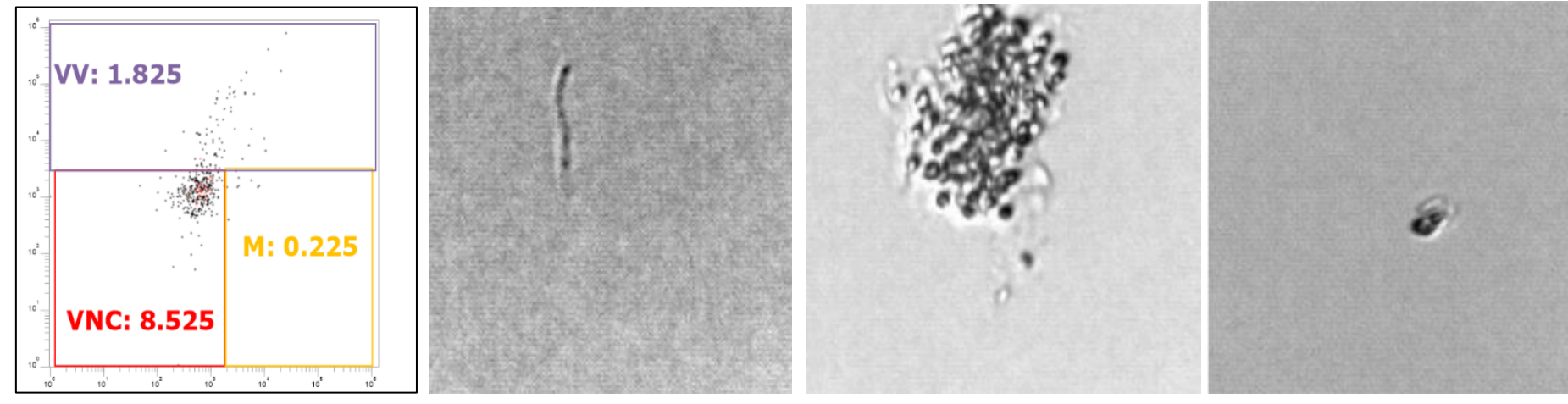
Clotilde ASCHERO<sup>(2)</sup>, Sophie ADLER<sup>(1)</sup>, Guillaume DESPERRIÈRES<sup>(2)</sup>, Fanny HERNANDEZ<sup>(1)</sup>, Matthieu CHAZALON<sup>(2)</sup>, Matthieu DUBERNET<sup>(1&2)</sup>  
<sup>(1)</sup> Laboratoires Dubernet, 35, rue de la combe du meunier, 11100 Montredon des Corbières - France  
<sup>(2)</sup> Société de Recherche et de Développement Viticole (SRDV), 35, rue de la combe du meunier, 11100 Montredon des Corbières - France

## Introduction

Soil microorganisms content play a key role in its quality (Christel, 2022). They are involved in many soil functions such as organic matter, vine nutrients bioavailability, soil frame or pollutants degradation (Karimi et al., 2018). Initial observations reveal links between soil life and their physical and chemical parameters or with cultural practices (Terrat et al., 2017). A better understanding of the processes that generates and maintain soil microorganisms is required to manage the evolution of practices in the current context of agro-ecological transition of vineyards. Thus, flow cytometry, combined with the use of selective fluorescent cell labeling techniques, lead to a new method of microbiological analysis (Bressan et al., 2015). The routine analysis allows simultaneous distinction of fungi, bacteria and protists. The aim of this study is to establish robust statistics characterizing the links between:

- Soil microbiology and organic matter
- Soil microbiology and cultural practices (tillage, cover crops)
- Soil microbiology and plant nutrition (iron assimilation)
- Soil microbiology and yeast assimilable nitrogen in grape must

## Materials and methods



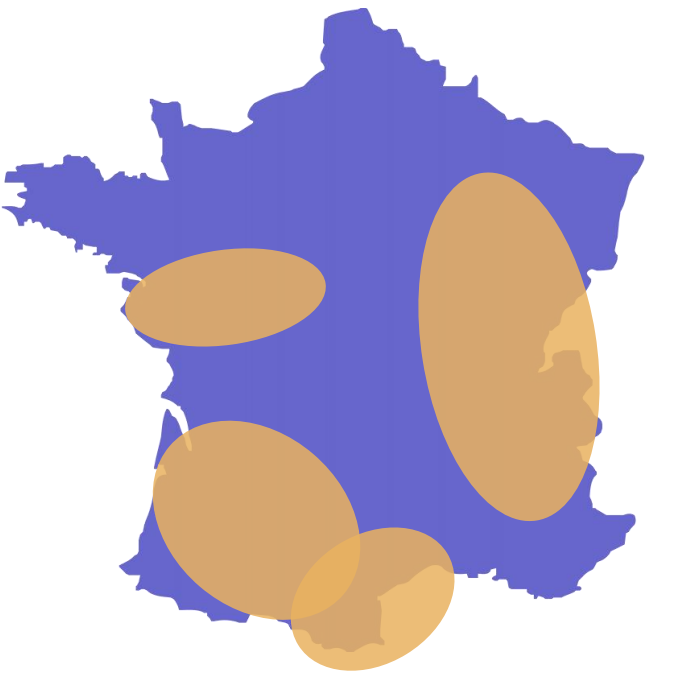
- Microbiological analysis of soils: Method 3-Biom
  - Solid-liquid extraction
  - Flow cytometry (FACS technique, fluorescence activated cell sorting)
  - Triple cell labeling:
    - M1 = DNA
    - M2 = membrane permeability
    - M3 = enzyme activity
- Microorganisms: bacteria, fungi, protists  
 → Total, Vital, Latent and Dead.



- Analysis of physico-chemical parameters of soils and vine petioles:
- Total elements (N, Corg, OM, pH, CaCO<sub>3</sub>, CEC)
  - Elements exchangeable (CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Fe, Mn, Zn, Cu)

### Sampling

- 441 petiole x microbiological analysis
- 981 soil physico-chemical parameters x microbiological analysis
- 77 must x microbiological analysis
- 1,350 soil microbiological analysis including:
  - 577 in the Languedoc Roussillon, South of France sector
  - 282 in the Bordeaux, South-West sector
  - 195 on the Rhône sector
  - 30 on the Champagne sector
  - 17 on the Loire sector (West)



## Results

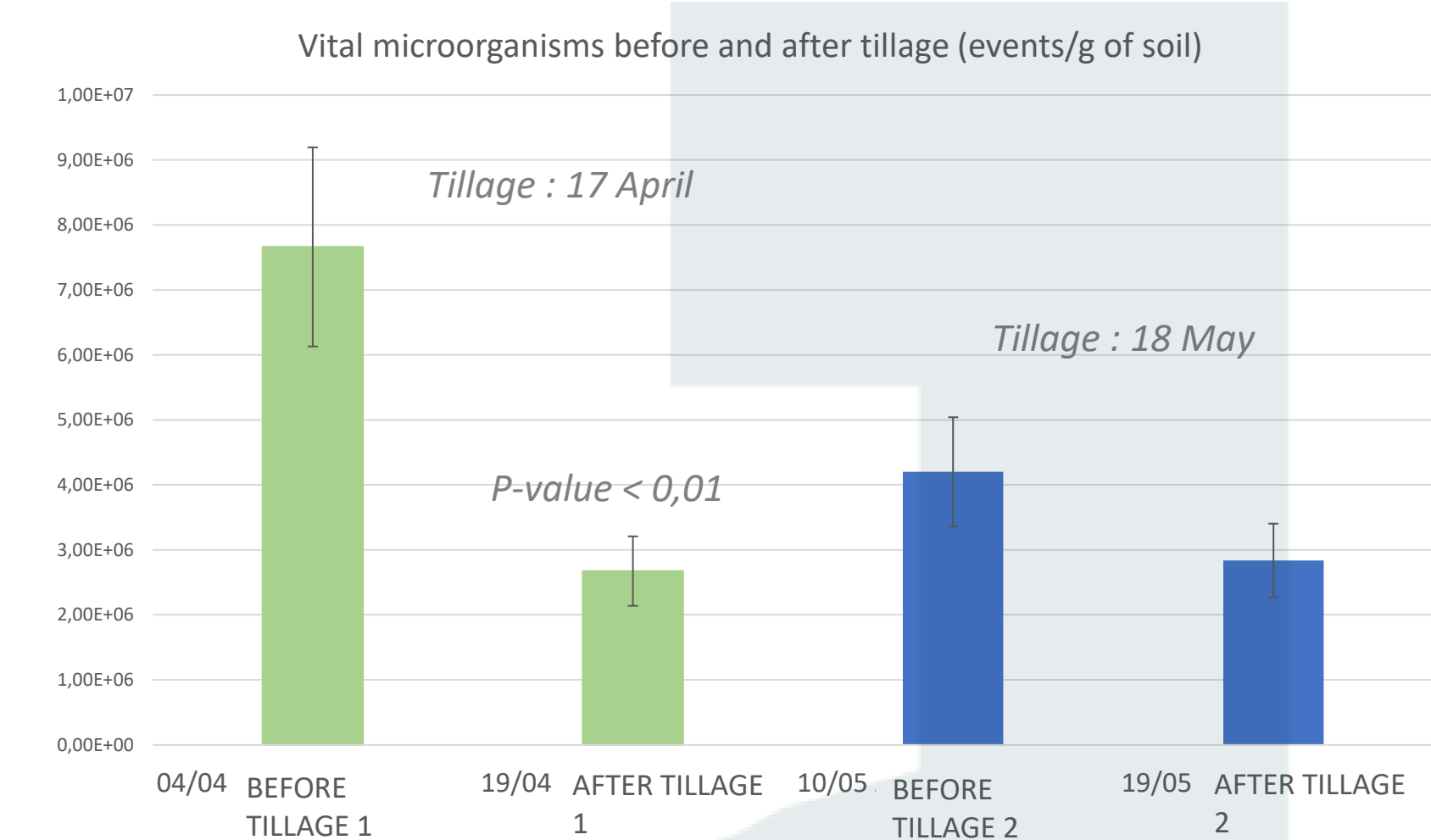
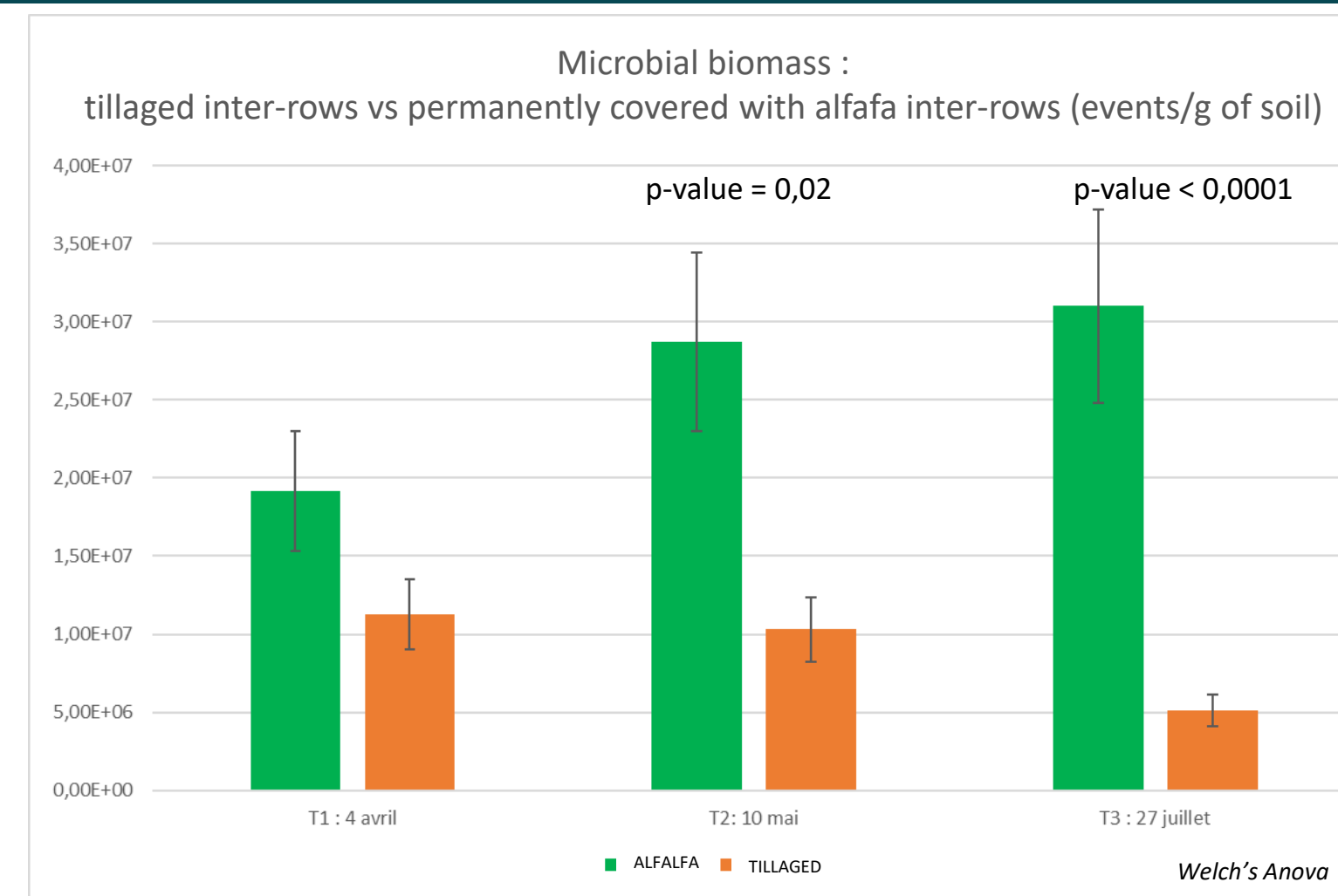
### AGRONOMIC PRACTICES

More total microorganisms on permanent cover crops inter-rows (alfalfa) than on tilled inter-rows: 8 repetitions per modality on the same vineyard plot alternating between cover crops and tilled inter-row (South of France - Hérault).

→ In agreement with the literature (Salomé et al., 2016).

Tillage rapidly and temporarily reduces microbial biomass: 8 repetitions on the same vineyard plot - Hérault (34)

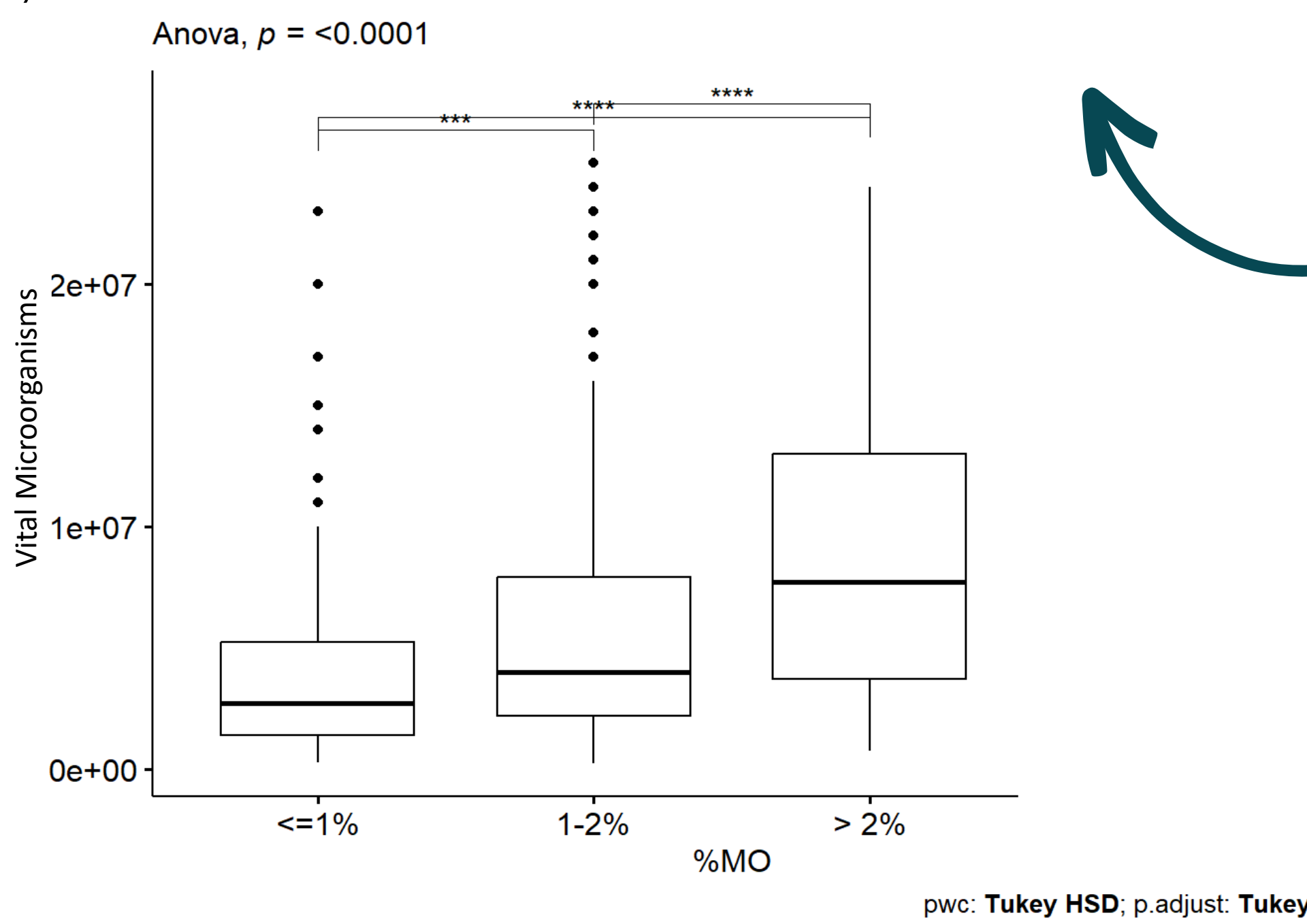
→ In agreement with the literature: microbial biomass is generally higher in undisturbed systems (Six et al., 2006; Dequiedt et al., 2020; Coleman and Holland 1987).



### SOIL BALANCE

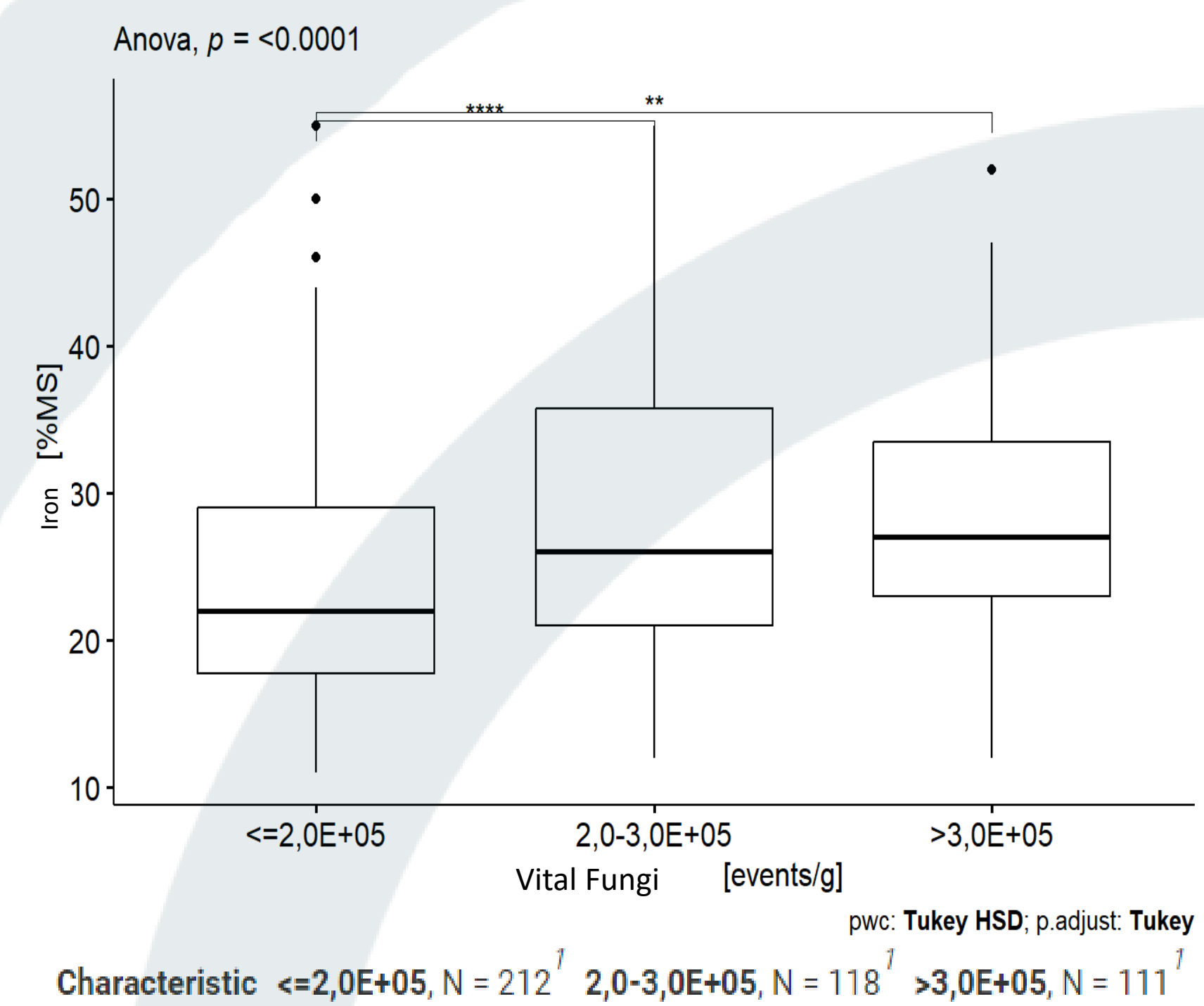
Positive correlation between organic matter and vital microorganisms (n=981).

→ In agreement with the literature (Schnurer et al., 1985)



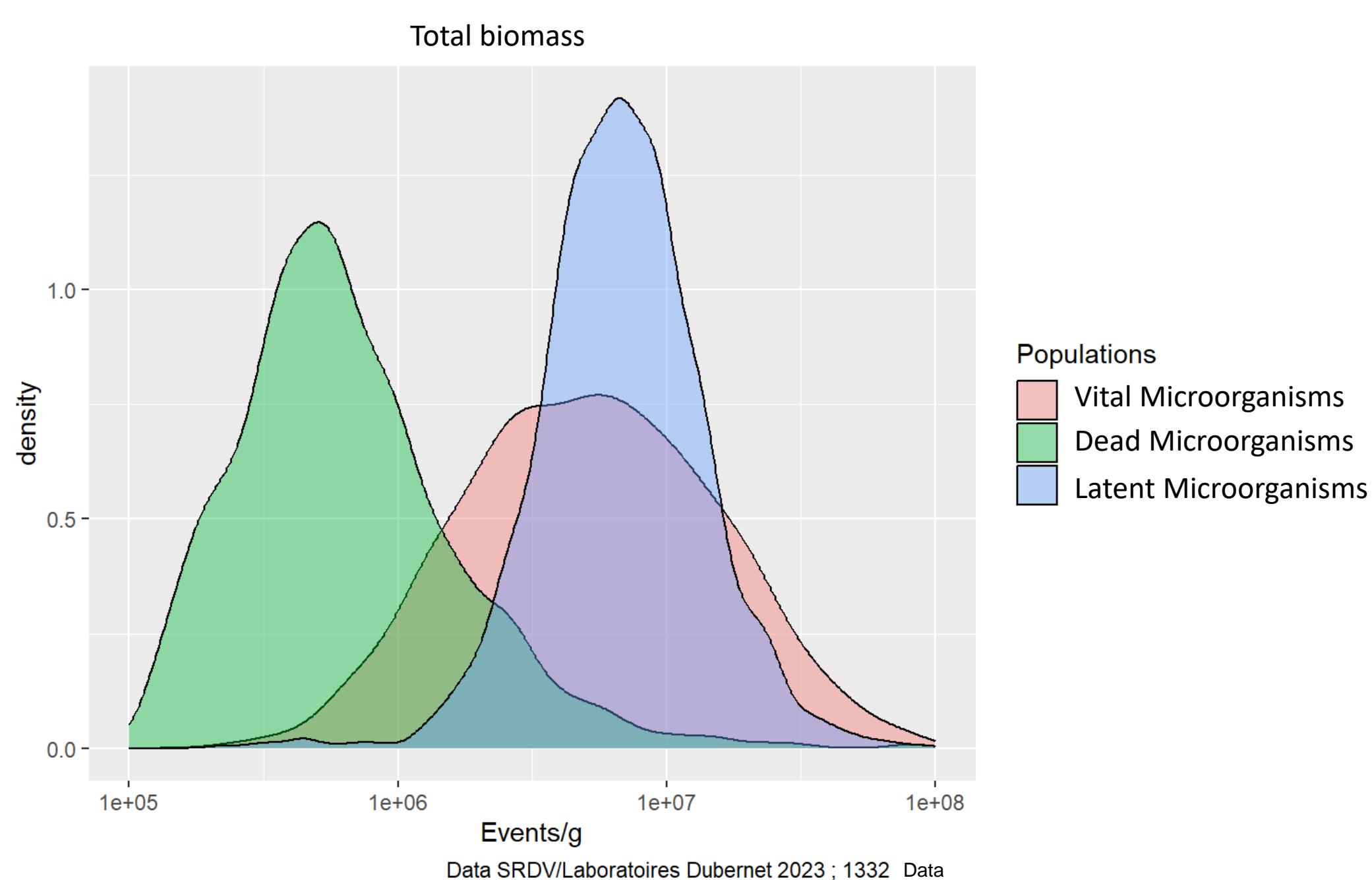
### PLANT BEHAVIOUR

Positive correlation between vital soil fungi and assimilated iron content in vine petioles (n=441).



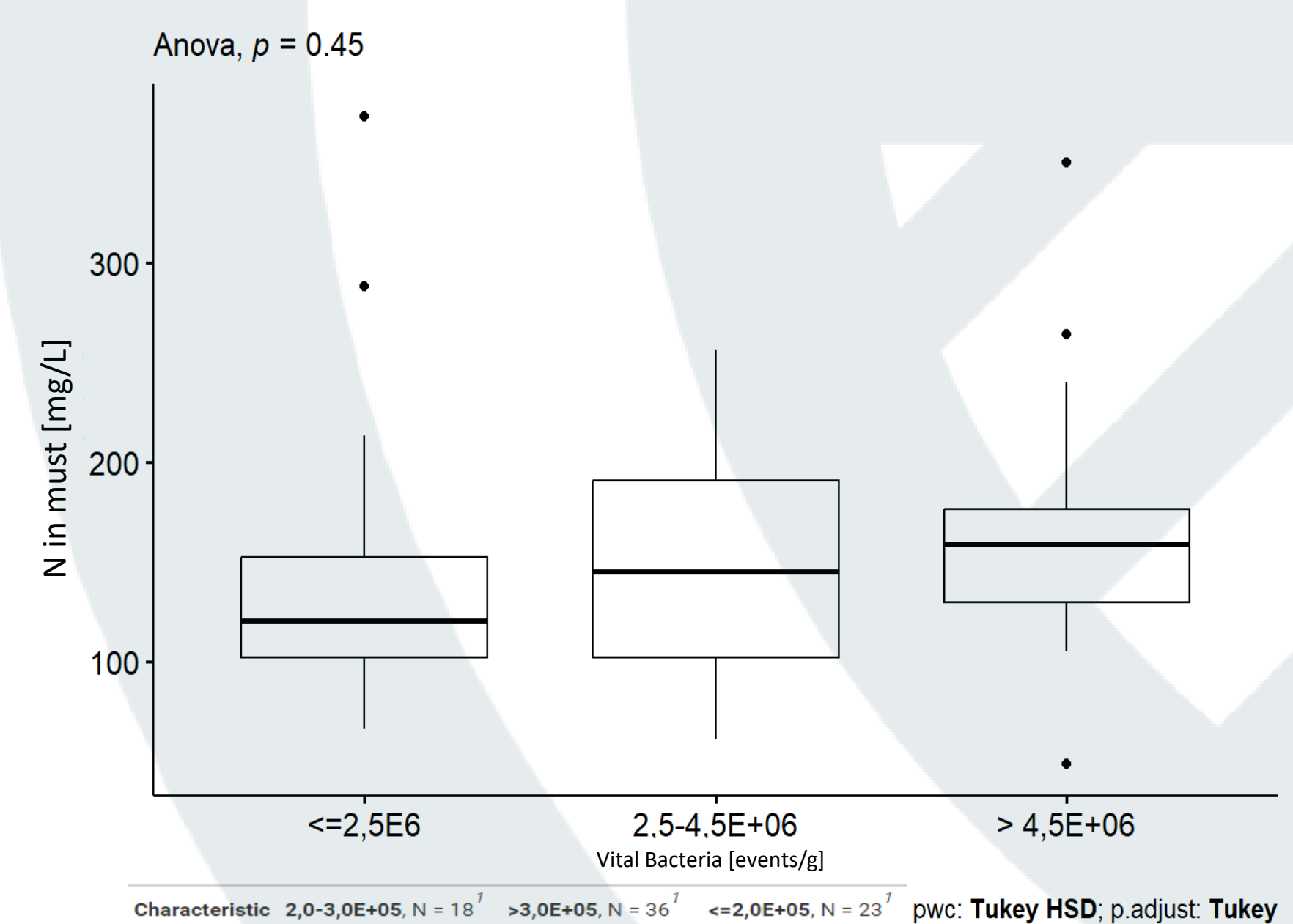
### SOIL MICROBIOLOGY

The majority of microorganisms is in metabolically inactive form (Latent) (n=1332).



### OENOLOGICAL BALANCES

yeast assimilable nitrogen content in musts is more important for soils rich in vital bacteria. No statistical results at this time but this database will be increased in 2023 (n=77).



## Conclusion

The development of reliable and accessible soil life measurement indicators is a major challenge for the democratization of agroecology. Flow cytometry offers a rapid and direct quantification and identification method. Vital microorganisms respond very quickly to changes in environmental conditions (climate, cultural practices, etc.) and are a representative indicator of the quality of their environment.

This new method has made it possible to highlight the influence of soil organic matter content and cultural practices (cover crop, tillage) on soil life. Plant behaviour study showed a positive correlation between active fungi and absorbed iron in vine petioles. Other parameters are currently being studied, as well as the link between the oenological characteristics of the vines and the living of the soil.

- References
- Bressan M, Trinsoutrot Gattin I, Desaire S, Castel L, Gangneux C, Laval K. 2015. « A rapid flow cytometry method to assess bacterial abundance in agricultural soil ». *Applied Soil Ecology* 88 (avril): 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.12.007>.
  - Dequiedt S, Karimi B, Chemidlin Prévost-Bouré N, Terrat S, Horrigue W, Djemiel C, Lelièvre M. 2020. « Le RMQS au service de l'écologie microbienne des sols français ». *Etude et Gestion des Sols*, 22.
  - Christel A. 2022. « Méta-analyse sur l'impact des modes de production agricole sur la qualité écologique du sol ». *Etude et Gestion des Sols*, 28.
  - Coleman S, Holland E. 1987. « Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem ». *Ecology* 68 (avril): 425-33. <https://doi.org/10.2307/1939274>.
  - Karimi B, Terrat S, Dequiedt S, Saby N, Horrigue W, Lelièvre M, Nowak V. 2018. « Biogeography of soil bacteria and archaea across France ». *Science Advances*. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat1808>.
  - Salomé C, Coll P, Lardo E, Metay A, Villenave C, Marsden C, Blanchart E, Hinsinger P, Le Cadre E. 2016. « The soil quality concept as a framework to assess management practices in vulnerable agroecosystems: a case study in mediterranean vineyards ». *Ecological Indicators* 61 (février): 456-65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.047>.
  - Six J, Frey S, D, Thiet R, K, Batten K.M. 2006. « Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems ». *Soil Science Society of America Journal* 70 (2): 555-69. <https://doi.org/10.2136/sssai2004.0347>.
  - Schnurer J, Clarholm M, Rosswall T. 1985. « Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents ». *Soil Biology and Biochemistry* 17 (5): 611-18. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(85\)90036-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(85)90036-7).
  - Terrat S, Horrigue W, Dequiedt S, Saby N.P.A, Lelièvre M, Nowak V, Triplett J. 2017. « Mapping and predictive variations of soil bacterial richness across France ». *PLOS ONE* 12 (10): e0186766. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186766>.