

VERS UN CONSEIL EN MICROBIOLOGIE DES SOLS

Halska J.¹, Palabaud A.¹, Moretty-Verdet P.¹, Dequiedt S.², Chemidlin Prévost-Bouré N.³, Horrigue W.², Ranjard L.²

Les micro-organismes représentent une forte proportion de la biomasse des sols et un important réservoir de biodiversité (Dequiedt et al., 2011). Ils sont responsables de nombreux processus écologiques et biologiques utiles à la production agricole. Ils constituent donc un patrimoine essentiel à préserver mais aussi à utiliser, ce qui implique la capacité à porter des diagnostics et à agir sur cette base. Pour cela, il faut disposer d'indicateurs et de référentiels d'interprétation. L'unité Agroécologie de Dijon (INRA, AgroSup Dijon) a mis au point des indicateurs de suivi des communautés microbiennes des sols qui ont notamment été appliqués dans le cadre du RMQS (Réseau de Mesure de la Qualité des Sols) du GIS Sol (Ranjard et al., 2010) :

- **Biomasse moléculaire microbienne (BMM)** : quantité de micro-organismes, que l'on cherche à maximiser.
- **Rapport champignons / bactéries** : équilibré entre 1 et 5 %. En dehors de ces bornes il traduit un problème de structure du sol, de quantité et de type de matière organique ou de pollution.
- **Diversité des micro-organismes** : richesse taxonomique, indices de diversité, que l'on cherche à maximiser (notion d'assurance écologique).

Les données collectées ont permis de mettre au point des modèles statistiques de prédiction de la BMM (Horrigue et al., In Press) et de la diversité bactérienne et fongique en fonction de paramètres physico-chimiques des sols. Ces modèles constituent des référentiels d'interprétation nationaux et demandent à être affinés à une échelle plus locale. Dans le cadre de travaux initiés en 2011 et présentés ici, la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire élabore des référentiels départementaux, pertinents à l'échelle du conseil agricole.

Un échantillonnage départemental pluriannuel

Des prélèvements de sols ont été effectués de 2012 à 2014 dans des situations représentatives du département : type de sol, type de couvert (cultures assolées et prairies permanentes) et pratiques (travail du sol, amendements, pâturage / fauche, etc.). 218 échantillons ont ainsi été prélevés dans 126 parcelles différentes. Les échantillons ont fait l'objet de mesures de la BMM et du rapport champignons / bactéries, ainsi que de mesures physico-chimiques classiques (pH, texture, teneur en carbone organique). Les pratiques culturales correspondantes ont également été recueillies par questionnaires (enquêtes).

Effet marqué de la teneur en matière organique sur la biomasse microbienne

La BMM est jusqu'à deux fois plus élevée dans les prairies permanentes que dans les cultures assolées. Ces dernières présentent des teneurs en matière organique des sols généralement plus faibles, or on observe une relation positive entre cette teneur et la BMM. Cette relation est connue (Kaiser et al., 1992), la matière organique du sol constituant une source de nutriments pour les micro-organismes. Elle est également amplifiée par la texture du sol, les sols à texture plus fine étant généralement plus riches en matière organique et les feuillets d'argile constituant un habitat favorable. Ces paramètres ne suffisent cependant pas à expliquer toutes les variations de la BMM, ce qui implique que d'autres facteurs interviennent et notamment l'impact des pratiques culturales.

Un modèle statistique départemental pour la biomasse microbienne

Un modèle prédictif de la BMM a été conçu par l'UMR Agroécologie à l'aide des données recueillies dans le département et sur la base de la méthode employée avec les données du RMQS (modèle polynomial paramétrique). Il détermine la BMM attendue en fonction de paramètres physico-chimiques de la parcelle étudiée (teneur en carbone et en argile, latitude et pH). On peut ainsi comparer cette valeur théorique de référence à la véritable valeur mesurée sur le sol. Une bonne corrélation a été obtenue entre les valeurs prédites et les valeurs mesurées conservées pour la validation du modèle

¹ Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire, jhalska@sl.chambagri.fr

² INRA, UMR 1347 Agroécologie ; 3. AgroSup Dijon, UMR 1347 Agroécologie

³ AgroSup Dijon, UMR 1347 Agroécologie

($R^2=0,796$). Ce modèle élaboré et appliqué à l'échelle départementale permet donc une interprétation plus fine de l'impact des pratiques agricoles sur la biomasse microbienne des sols de Saône et Loire.

Rapport champignons / bactéries : on constate des déséquilibres

La majorité des échantillons présente un ratio équilibré, mais 41 d'entre eux présentent un rapport trop faible (<1%, trop de bactéries) et 12 un rapport trop élevé (>5%, trop de champignons). Les valeurs élevées concernent quasi exclusivement des prairies avec des pH acides (entre 5 et 6,2). Il est effectivement connu que les champignons sont plus adaptés que les bactéries à vivre en sols acides et qu'ils sont stimulés par de fortes teneurs en matières organiques. Il est plus difficile de conclure pour les valeurs faibles et un excès de bactéries. Il est possible que les prairies sans fertilisation minérale ou organique soient plus souvent concernées. Aucun facteur explicatif n'a encore été identifié pour les cultures assolées.

Influence des pratiques culturales : quelques tendances

L'influence des pratiques a été hiérarchisée en constituant des groupes d'observations via une méthode statistique de classification (Husson et al., 2015; R Core Team, 2015). Les pratiques considérées comprennent les successions culturales, la fertilisation, les traitements, la fauche et/ou le pâturage. On a ensuite étudié la distribution des différences entre valeurs mesurées et valeurs prédites par le modèle RMQS en fonction des groupes (modèle départemental non mobilisé car construit avec les données étudiées).

Les valeurs mesurées sont légèrement plus faibles que les prédictions pour les cultures assolées et au contraire largement supérieures pour les prairies permanentes. On n'observe pas de tendance très marquée selon les groupes. Les paramètres pertinents n'ont donc probablement pas été mobilisés ou n'ont pas eu suffisamment de poids. On remarque cependant que la BMM est plus altérée sur les prairies pâturées, ce qui pourrait être lié au tassement du sol par le piétinement des animaux. De même, la BMM sous maïs dominant avec culture intermédiaire est plus altérée que sous maïs sans culture intermédiaire, ainsi que sous les céréales avec travail profond par rapport à celles avec travail superficiel. Nous mettons ici en évidence l'effet délétère du travail du sol sur la BMM et l'effet positif de la présence d'une culture intermédiaire.

La Saône-et-Loire dispose désormais d'un modèle d'interprétation de la BMM. Les mesures ont également permis d'identifier des situations qui ne sont pas à l'optimum, ce qui contribue à démontrer l'intérêt de ce type de diagnostics. Par contre, le dispositif ne permet pas à lui seul d'identifier clairement les leviers mobilisables afin d'affirmer le conseil associé à ces nouveaux indicateurs d'évaluation des pratiques. Pour rendre les diagnostics en microbiologie des sols opérationnels jusqu'au conseil associé, il est donc nécessaire d'améliorer la connaissance sur ces leviers, mais aussi de former les agriculteurs et techniciens et d'approfondir les diagnostics via l'étude de la diversité microbienne.

Dequiedt, S., Saby, N.P.A., Lelievre, M., Jolivet, C., Thioulouse, J., Toutain, B., Arrouays, D., Bispo, A., Lemanceau, P., Ranjard, L., 2011. Biogeographical patterns of soil molecular microbial biomass as influenced by soil characteristics and management: Biogeography of soil microbial biomass. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 20, 641–652. doi:10.1111/j.1466-8238.2010.00628.x

Horrigue, W., Dequiedt, S., Chemidlin Prévost-Bouré, N., Jolivet, C., Saby, N.P., Arrouays, D., Bispo, A., Maron, P.-A., Ranjard, L., In Press. Predictive model of soil molecular microbial biomass. *Ecol. Indic.*

Husson, F., Josse, J., Le, S., Mazet, J., 2015. *FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining.*

Kaiser, E.A., Mueller, T., Joergensen, R.G., Insam, H., Heinemeyer, O., 1992. Evaluation of methods to estimate the soil microbial biomass and the relationship with soil texture and organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 24, 675–683. doi:10.1016/0038-0717(92)90046-Z

Ranjard, L., Dequiedt, S., Jolivet, C., Saby, N.P.A., Thioulouse, J., Harmand, J., Loisel, P., Rapaport, A., Fall, S., Simonet, P., Joffre, R., Bouré, N.C.-P., Maron, P.-A., Mougél, C., Martin, M.P., Toutain, B., Arrouays, D., Lemanceau, P., 2010. Biogeography of soil microbial communities: a review and a description of the ongoing french national initiative. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 359–365. doi:10.1051/agro/2009033

R Core Team, 2015. *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.