

3. Forum : la biologie du sol dans la pratique

Mesure de l'activité biologique du site de suivi à long terme « Oberacker » par la méthode bait-lamina

Sophie Campiche,

Émilie Grand, Caroline Gachet Aquillon, Nadzeya Homazava,

Étienne Vermeirssen, Inge Werner, Benoît J.D. Ferrari

*Centre suisse d'écotoxicologie appliquée Eawag-EPFL (Centre Ecotox), Lausanne
sophie.campiche@centreecotox.ch*

Claudia Maurer, Andreas Chervet, Wolfgang G. Sturny

Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne, Protection des sols, Zollikofen

Rodolphe Schlaepfer

École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratoire des systèmes écologiques (ECOS), Lausanne ; Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Lausanne

Introduction

Les organismes édaphiques jouent un rôle primordial dans la fertilité des sols, intervenant dans de nombreux processus et fonctions essentiels comme la décomposition de la matière organique, le recyclage des nutriments ou la formation et le maintien de la structure du sol. Les atteintes physiques ou chimiques faites au sol ont un impact direct sur les organismes du sol. L'utilisation de méthodes en lien avec les organismes pour identifier et quantifier ces perturbations dans une démarche de bioindication représente donc un avantage pour évaluer la qualité des sols.

Parmi les outils existants permettant de suivre les paramètres biologiques et écologiques des organismes, le test bait-lamina est une méthode simple permettant de mesurer *in situ* l'aspect fonctionnel de l'écosystème sol. L'activité alimentaire (activité biologique) des organismes édaphiques tels que vers de terre, enchytraeïdes, collemboles et acariens, est évaluée au niveau communautaire en mesurant la disparition d'une série d'appâts organiques (« bait ») enchâssés dans de petits bâtonnets de PVC insérés verticalement dans le sol (von Törne, 1990 ; Kratz, 1998). La méthode peut être utilisée pour évaluer les effets des

produits chimiques sur le sol, entre sites contaminés et sites de référence par exemple, mais également pour surveiller à long terme la qualité biologique des sols. Une norme internationale ISO est en cours d'élaboration (ISO, 2015). Dans la majorité des cas, on observe une diminution de l'activité alimentaire des organismes en réponse aux perturbations anthropiques (pollution, tassement, érosion) faites au sol (Kula & Römbke, 1998 ; Filzek et al., 2004). Cependant, un certain nombre d'autres facteurs abiotiques comme les caractéristiques du sol ou le climat, viennent également influencer la réponse bait-lamina. La température et le taux d'humidité du sol sont par exemple deux facteurs connus pour avoir une forte incidence sur l'activité des organismes (Larink & Kratz, 1994), faisant aussi varier la réponse du test et compliquant ainsi l'interprétation des résultats.

L'influence des facteurs abiotiques reste encore mal caractérisée et peu de données sont disponibles à ce sujet.

Dans ce projet, la méthode bait-lamina a été utilisée sur les parcelles de suivi à long terme « Oberacker » à l'Inforama Rütli de Zollikofen dans le canton de Berne, afin de comparer l'activité biologique des organismes

du sol pour différentes cultures en semis direct, avec et sans application de glyphosate et pour deux types de fumure, tout en intégrant le taux d'humidité du sol afin de caractériser la variabilité de la réponse du test.

Matériel et méthode

Activité biologique : les expériences bait-lamina réalisées sur les parcelles « Oberacker » ont été menées en 2011 sur des cultures de maïs (printemps, avant et après semis) et d'orge d'automne (été-automne, après semis). Chacune des cultures a reçu pour moitié un apport de fumure conventionnelle DBF-GCH (= données de base

pour la fumure des grandes cultures et des herbages) (Sinaj et al., 2009) et pour l'autre moitié de la culture, une fumure équilibrée Kinsey (Kinsey & Walters, 2014), cela avec ou sans application de glyphosate (Toxer Total®, 360 g/l de substance active (s.a.)). Pour chaque culture, l'activité alimentaire des organismes du sol a été mesurée deux fois, soit immédiatement après, soit plusieurs semaines après l'application du glyphosate à la dose d'application en champ de 5 l/ha (soit 1800 g s.a./ha), pour un total de quatre expériences. La fig. 10 résume les expériences et traitements réalisés.

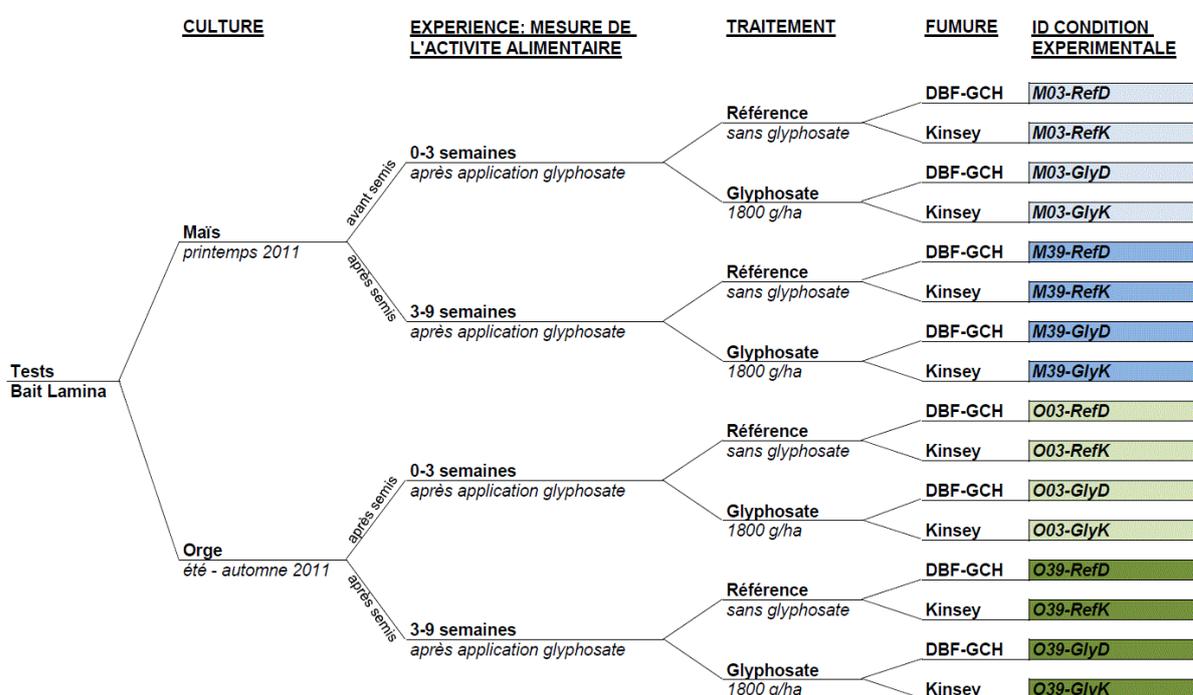


Figure 10 : Expériences bait-lamina réalisées au cours de l'année 2011 sur les parcelles « Oberacker » à l'Infra-rama Rütli de Zollikofen pour mesurer l'activité alimentaire des organismes du sol dans des cultures de maïs et d'orge d'automne pour différents traitements herbicide et fumure. Pour chaque culture, l'activité alimentaire a été mesurée une première fois dans les trois premières semaines suivant l'application du glyphosate ("03") puis une deuxième fois, plus de trois semaines après son application ("39").

Les parcelles « Oberacker » se composent d'un sol brun profond de type limon sableux faiblement humique (Chervet et al., 2001). Les bait-lamina utilisés pour la mesure de l'activité alimentaire ont été fournis par Terra Protecta GmbH, Berlin, Allemagne (www.terra-protecta.de). Les bâtonnets de PVC mesurant 16 cm de long et perforés de 16 trous chacun, ont été remplis d'un mélange composé de cellulose, son de blé et charbon actif (70:27:3 %). Les bait-lamina

ont été insérés verticalement dans le sol et laissés en place entre une et trois semaines, en raison des différents travaux agricoles à réaliser sur les parcelles. Un total de 64 bait-lamina, soit quatre blocs (ou réplicats) de 16 bait-lamina disposés sur une surface de 30x30 cm, ont été utilisés pour chaque condition expérimentale (fig. 11). À la fin de l'essai, l'activité alimentaire a été évaluée en quantifiant le nombre d'ouvertures vides par bâtonnet, c'est-à-dire

le nombre d'appâts organiques consommés par les organismes du sol. L'activité alimentaire est exprimée en pourcentage d'appâts perforés. Une activité alimentaire atteint 100 % si tous les appâts d'un bâtonnet ont été consommés. L'activité alimentaire globale (AAG) des 64 bait-lamina par traitement ainsi que le profil de distribution de l'activité alimentaire (PDAA) sur les huit premiers centimètres de profondeur de sol ont été comparés entre les différents traitements et expériences. Au final, les activités alimentaires moyennes globales journalières (AAGj) et le profil de distribution journalier (PDAAj) ont été reportés pour permettre la comparaison des différentes expériences.

Paramètres physico-chimiques : en parallèle à la réponse bait-lamina et pour chaque condition expérimentale, des échantillons composites de sol prélevés sur 10 cm de profondeur ont été collectés afin de mesurer les différents paramètres physico-chimiques du sol, en particulier le taux d'humidité (méthode gravimétrique, 105 °C) et les concentrations en glyphosate. Les résidus de glyphosate présents dans les échantillons de sol ont été analysés selon la méthode mise au point par Ibanez et al. (2005). Pour résumer, les échantillons de sol ont été séchés à l'air libre (20 °C) pendant 96 h, puis tamisés à 2 mm avant leur extraction avec du KOH 0.6 M et leur dérivation au chlorure de fluorenylméthoxycarbonyl (FMOC-Cl) dans un tampon de borate. La détection a été réalisée en chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem avec ionisation par électrospray (LC-MS/MS).



Figure 11: Bâtonnets bait-lamina insérés verticalement dans le sol pour la mesure de l'activité biologique des organismes présents dans les huit premiers centimètres de sol, dans des cultures de maïs (a) et d'orge d'automne (b).

Résultats et discussion

Concentration de glyphosate dans le sol :

les analyses chimiques ont montré la présence de glyphosate dans les échantillons de sols collectés sur les sites traités avec l'herbicide pour les cultures de maïs et d'orge, et également, mais dans une moindre mesure, pour les sites non traités. La fig. 12 montre les concentrations en glyphosate analysées dans les échantillons de sols. La concentration maximale de glyphosate (substance active) a été mesurée pour la culture de maïs, dans les échantillons des sites traités, collectés quelques heures après l'application de l'herbicide, avec des concentrations de 1,6 mg/kg de matière sèche (m.s.) de sol pour le site M-GlyK (voir fig. 10 pour le code) et de 1,2 mg/kg (m.s.)

pour le site M-GlyD (fig. 12a). 39 jours après l'application du glyphosate, ces concentrations avaient diminué de moitié pour atteindre des valeurs d'environ 0,7 mg/kg (m.s.) pour les deux sites. Le temps de demi-vie (DT50) moyen du glyphosate dans les sols en conditions de champ a été estimé entre 3 et 174 jours (Tomlin, 2000), et les résultats obtenus sont donc en accord avec ces données. Pour l'orge, des concentrations en glyphosate plus faibles que pour le maïs, de l'ordre de 0,4 mg/kg (m.s.), ont été mesurées dans les échantillons collectés un jour après application de l'herbicide pour les sites traités (fig. 12 b). Cela pourrait s'expliquer par la présence d'un paillage féverole plus important pour la culture d'orge que pour la culture de maïs, qui aurait pu favoriser l'interception de l'herbicide. On constate également que les concentrations en glyphosate mesurées dans le sol juste après l'application se situent dans la plage des « concentrations initiales prédites dans l'environnement » (PECi) estimées entre 0,3 et 2,4 mg s.a./kg (m.s.) et calculées à partir du modèle FOCUS (Forum for

the coordination of pesticide fate models and their use) (FOCUS, 2006) après une seule application de l'herbicide.

Pour les sites de référence (non traités au glyphosate) de la culture de maïs et d'orge, de faibles quantités de glyphosate ont toutefois été mesurées dans les échantillons de sol avec des concentrations allant de 0,004 à 0,06 mg s.a./kg (m.s.) (fig. 12 a et b). Des applications antérieures de glyphosate pourraient en être la cause, bien qu'elles remontent à plus de deux ans pour les parcelles concernées. En effet, considérant la DT50 la plus élevée mentionnée pour le glyphosate, de faibles quantités de cet herbicide, de l'ordre de celles mesurées dans cette étude, pourraient être détectées après ce laps de temps. De plus, il a été démontré que des quantités de glyphosate correspondant à 0,08 % de la concentration initiale étaient encore détectables 27 mois après son application, ce qui, en l'occurrence, équivaldrait à une concentration proche de 0.001 mg/kg pour la plus forte des concentrations mesurées (Simonsen *et al.*, 2008).

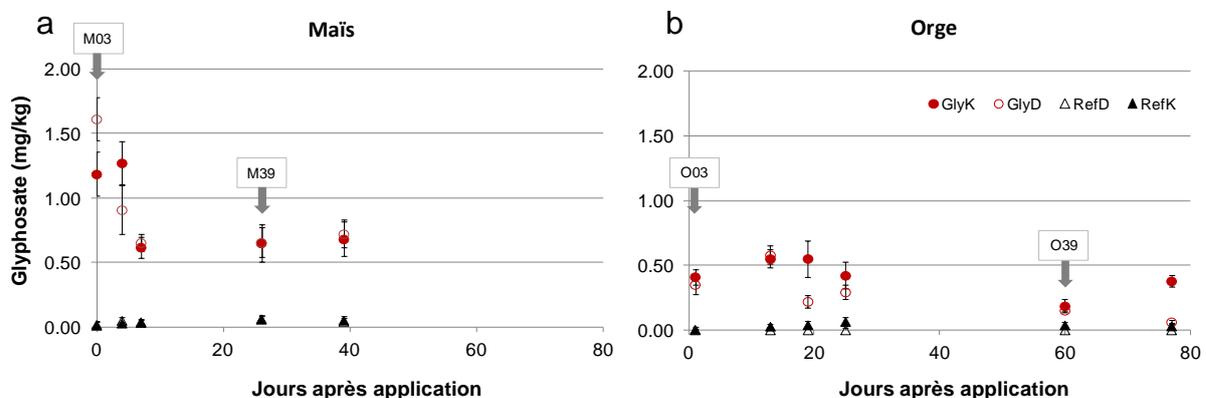


Figure 12: Concentrations en glyphosate (mg/kg de matière sèche ; moyenne \pm écart type) mesurées dans les échantillons de sol collectés juste après application et à différents moments après application pour les différentes conditions expérimentales. GlyK = site traité au glyphosate avec fumure Kinsey; GlyD = site traité au glyphosate avec fumure DBF-GCH; RefD = site de référence non traité, avec fumure DBF-GCH; RefK = site de référence non traité, avec fumure Kinsey. Le début des quatre expériences bait-lamina réalisées est indiqué par les flèches.

Pour d'autres organismes édaphiques comme par exemple *Eisenia fetida* (un ver de terre), *Hypoaspis aculeifer* (un acarien) et *Folsomia candida* (un collembole), aucun effet sur la reproduction en condition de la-

boratoire n'a été reporté pour des concentrations jusqu'à 473 mg/kg (m.s.) (glyphosate RAR, 2013). Les concentrations en glyphosate mesurées (MEC) dans les deux cultures sont donc dans notre cas large-

ment inférieurs aux valeurs de toxicité obtenues lors de ces essais conventionnels de laboratoire. Cependant, une diminution significative du nombre de juvéniles produits a été observée chez le ver de terre *Eisenia andrei* lors d'une étude exposant ce dernier à des échantillons de sols collectés sur terrain agricole pour des concentrations en glyphosate inférieures à 0.05 mg/kg (Casabé *et al.*, 2007) (fig. 12).

Activité alimentaire globale : une activité biologique des organismes du sol a été mesurée grâce à la méthode bait-lamina pour toutes les conditions expérimentales. Les résultats montrent de fortes disparités entre les quatre expériences réalisées. En effet, sur la totalité des expériences, l'AAGj (fig. 13) a varié entre 0,26 % (M39-RefK) et 5,44 % (M03-RefD). Ces deux valeurs ont été mesurées à quelques semaines d'intervalle pour la culture de maïs sur les sites de référence. La comparaison de l'activité alimentaire entre différentes périodes reste difficile, puisqu'elle dépend fortement des conditions climatiques et, plus particulièrement, du taux d'humidité et de la température du sol. Actuellement, il n'existe pas encore de valeurs de référence en relation avec les facteurs abiotiques, le type ou l'occupation du sol pour le test bait-lamina. Les taux d'activité obtenus sur les parcelles de l'Oberacker se situent cependant dans la plage des AAGj observées pour les terres arables dans d'autres études européennes (Graenitz & Bauer, 2000 ; Larink & Sommer, 2002)

Au cours des trois semaines suivant l'application du glyphosate et pour la même expérience, aucune différence significative de l'AAGj des organismes du sol n'a été observée entre les sites de référence et les sites ayant reçu l'herbicide, que ce soit pour la culture de maïs ou pour la culture d'orge (fig. 13 a et c). En revanche, trois à neuf semaines après l'application du glyphosate, des différences significatives d'activité alimentaire ont été observées entre sites traités et sites de référence pour les deux types

de cultures (fig. 13 b et d). Cependant, aucune cohérence entre les expériences n'a pu être trouvée. En effet, pour le maïs, des différences ont été observées pour la fumure Kinsey mais pas pour la fumure DBF-GCH, avec une proportion d'appâts consommés plus faible pour le site de référence que pour le site traité au glyphosate (fig. 13 b). Pour l'orge, l'inverse a été observé avec une activité alimentaire plus élevée pour le site de référence que pour le site traité à l'herbicide et, cette fois, pour la fumure DBF-GCH. Aucune différence d'activité alimentaire n'a été observée entre site traité et site non traité pour la fumure Kinsey (fig. 13 d). Par ailleurs, les concentrations mesurées en glyphosate (fig. 12) n'expliquent pas les différences d'activité alimentaire avec les autres conditions. L'ensemble des résultats souligne donc que d'autres facteurs ont pu masquer certains effets comme, par exemple, le taux d'humidité. D'autres études utilisant les bait-lamina pour la mesure de l'activité biologique des organismes exposés au glyphosate en milieu agricole ont montré les mêmes divergences d'activité biologique que cette étude, soit une diminution significative de l'activité alimentaire après environ sept semaines d'exposition (1440 g s.a./ha, culture de soja) (Casabé *et al.*, 2007), soit une augmentation significative entre huit et dix semaines après l'application de l'herbicide (1080 g s.a./ha, vignoble) (Reinecke *et al.*, 2002). En ce qui concerne les deux types de fumure testées, aucune différence significative des AAGj n'a été mesurée entre ces dernières pour une même expérience et ce dans les quatre cas.

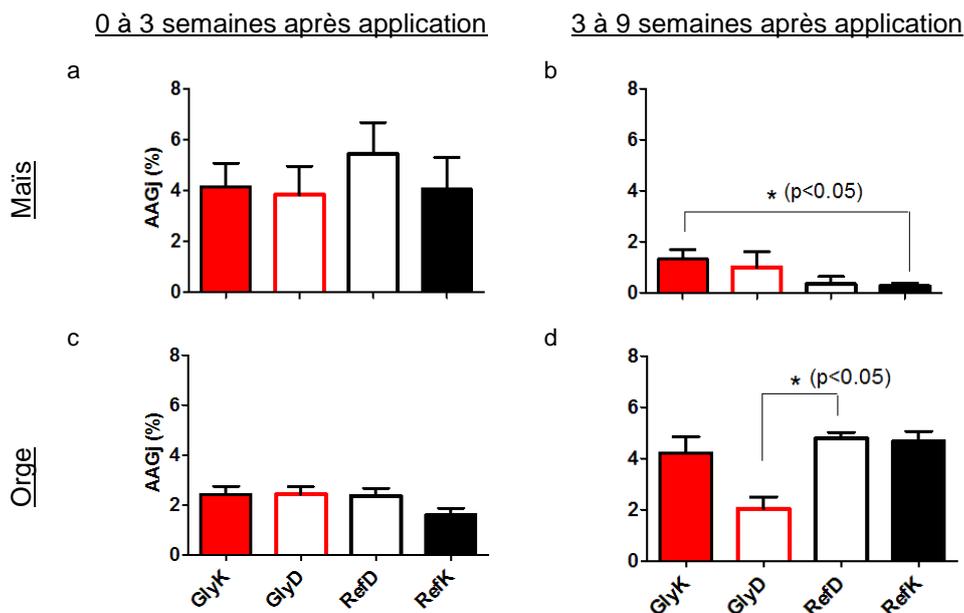


Figure 13: Activité alimentaire globale journalière (AAG) des organismes du sol pour les quatre expériences bait-lamina réalisées (moyenne \pm écart type; n=64). a) Culture de maïs 0 à 3 semaines après l'application du glyphosate, b) Culture de maïs 3 à 9 semaines après application du glyphosate, c) culture d'orge d'automne 0 à 3 semaines après application du glyphosate, d) culture d'orge d'automne 3 à 9 semaines après application du glyphosate. GlyK = site traité au glyphosate (5 l/ha, Toxer Total®, 360 g/l de substance active) avec fumure Kinsey; GlyD = site traité au glyphosate (5 l/ha, Toxer Total®, 360 g/l de substance active) avec fumure DBF-GCH; RefD = site de référence non traité, avec fumure DBF-GCH; RefK = site de référence non traité, avec fumure Kinsey; *statistiquement différent, Kruskal-Wallis et test post hoc de Dunn.

Distribution de l'activité biologique : les profils de distribution de l'activité alimentaire des organismes dans les huit premiers centimètres du sol pour les différentes conditions expérimentales sont présentés à la fig. 14. Des profils d'activités verticaux ont été observés pour toutes les expériences, à l'exception de celle concernant le maïs immédiatement après application de glyphosate (M03), traduisant une activité alimentaire comparable des organismes dans les couches supérieures et inférieures de sol (fig. 14 b, c et d) et ce, quel que soit le traitement ou le type de fumure. En revanche, pour l'expérience M03, l'activité alimentaire des organismes du sol était plus élevée dans les couches supérieures (7,5 % en moyenne entre 0,5 et 1,5 cm) par rapport aux couches profondes (2,6 % entre 7 et 8 cm) (fig. 14 a). Ce profil en hyperbole est considéré comme le profil caractéristique de l'activité alimentaire des organismes dans les huit premiers centimètres de sol et est

reporté dans de nombreuses études (Grae-nitz & Bauer, 2000 ; Filzek et al., 2004; Römbke et al, 2006). Un changement de profil semble indiquer des perturbations faites au sol et est souvent associé à une activité biologique réduite (Sturm et al., 2002 ; Filzek et al., 2004). La première expérience bait-lamina réalisée (M03 ; fig. 14 a) est la seule des quatre expériences effectuées pour laquelle aucuns travaux en champs (c. à d. moisson, semis ou labour de la parcelle adjacente), hormis fertilisation de la parcelle, n'ont été exécutés dans les six mois précédant le test. De plus, pour cette expérience, un taux d'humidité légèrement plus élevé a été mesuré dans les couches supérieures de sol (0 à 5 cm) comparé aux couches plus profondes (5 à 10 cm), ce qui n'était pas le cas pour les autres expériences. L'engrais vert en décomposition sur les sites M03 aurait également pu favoriser un apport de matière organique plus important que pour les autres expériences réalisées.

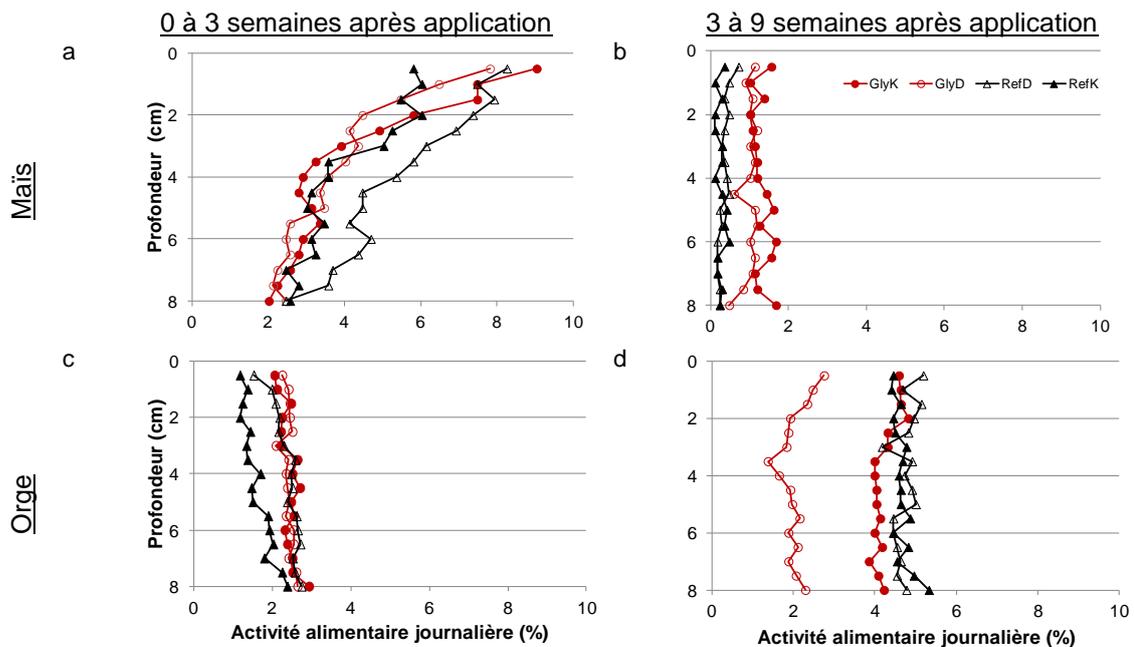


Figure 14: Profil de l'activité alimentaire journalière des organismes dans les huit premiers centimètres de sol pour les différentes conditions expérimentales. Les valeurs représentent la moyenne de l'activité alimentaire de 64 bait-lamina pour chaque profondeur (les écarts-type ne sont pas représentés pour de ne pas surcharger la figure). a) Culture de maïs 0 à 3 semaines après l'application du glyphosate, b) Culture de maïs 3 à 9 semaines après application du glyphosate, c) culture d'orge d'automne 0 à 3 semaines après application du glyphosate, d) culture d'orge d'automne 3 à 9 semaines après application du glyphosate. GlyK = site traité au glyphosate (5 l/ha, Toxer Total®, 360 g/l de substance active) avec fumure Kinsey; GlyD = site traité au glyphosate (5 l/ha, Toxer Total®, 360 g/l de substance active) avec fumure DBF-GCH; RefD = site de référence non traité, avec fumure DBF-GCH; RefK = site de référence non traité, avec fumure Kinsey

Influence du taux d'humidité: de fortes disparités ont été observées dans le taux d'humidité du sol entre les différentes conditions expérimentales, avec des valeurs mesurées entre 9 et 25 %. Ce facteur étant également à même d'influencer l'activité alimentaire des organismes édaphiques, ces valeurs ont donc été intégrées aux résultats de l'activité alimentaire obtenus. La relation entre ces deux paramètres est présentée à la fig. 15. Une corrélation positive est observée : l'AAGj des organismes augmente sensiblement avec des taux d'humidité du sol plus élevés, ce qui est en accord avec d'autres études de mesure de l'activité biologique réalisée avec la méthode bait-lamina (Larink, 1993 ; Filzek et al., 2004 ; Simpson et al. ; 2012). Une diminution de l'activité des organismes édaphiques est en effet généralement observée dans des conditions d'humidité défavorables, une humidité du sol réduite ayant des effets négatifs significatifs sur l'abondance des organismes épigés et

endogés par exemple (Eggleton et al., 2009).

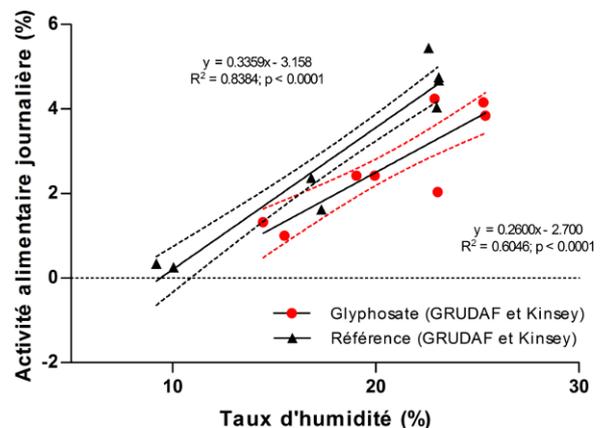


Figure 15: Relation entre le taux d'humidité du sol et l'activité alimentaire journalière des organismes du sol pour les sites de référence sans herbicide (triangles noirs) et pour les sites ayant reçu une application de glyphosate (cercles rouges) (moyennes avec $n = 64$ pour l'activité alimentaire et $n = 3$ pour l'humidité). Les lignes en pointillés représentent l'intervalle de confiance à 95 % des régressions linéaires.

Lorsque le taux d'humidité du sol est pris en considération pour comparer l'activité alimentaire entre sites traités et non traités, on observe alors pour le glyphosate une tendance à diminuer l'activité biologique des organismes du sol, à des taux d'humidité supérieurs à 15 % (fig. 15).

Conclusion et perspectives

La méthode bait-lamina est une méthode rapide et simple permettant une première appréciation de l'activité biologique des organismes du sol. Elle permet non seulement une évaluation globale, mais aussi la mesure du profil de l'activité alimentaire sur une profondeur de 10 cm environ, ce qui fournit généralement des compléments d'informations pertinents sur les atteintes faites au sol. Dans cette étude, les parcelles de l'Oberacker étudiées ont montré des activités biologiques assez diverses, en partie liées à la variabilité temporelle et aux facteurs environnementaux (taux d'humidité du sol) mais également liées à l'herbicide appliqué. La calibration de la réponse des tests *in situ* en fonction des paramètres environnementaux permet une meilleure interprétation de la réponse biologique et améliore la capacité de faire la distinction entre les effets anthropiques et les conditions environnementales. À l'avenir, des expériences additionnelles visant à caractériser plus en détail l'influence du taux d'humidité sur la réponse bait-lamina devraient être réalisées afin de mieux cerner cette variabilité pour corroborer l'issue du test.

La toxicité potentielle du glyphosate et d'autres substances devrait également être évaluée de manière plus approfondie dans ce contexte. En effet, le comportement du glyphosate dans le sol, en fonction du taux d'humidité et de la température par exemple, reste encore mal connu, ce qui pourrait également avoir un impact sur les organismes du sol.

Bibliographie

- Casabé, N., Piola, L., Fuchs, J., Oneto, M. L., Pamparato, L., Basack, S., Giménez, R., Massaro, R., Papa, J. C., Kesten, E. (2007). Ecotoxicological Assessment of the Effects of Glyphosate and Chlorpyrifos in an Argentine Soya Field. *Journal of Soils and Sediments* 7 (4) 232-239.
- Chervet, A., Maurer, C., Sturny, W. G., Müller, M. (2001). Pratique du semis direct en grandes cultures : effets sur la structure du sol. *Revue suisse d'agriculture* 33(1) : 15-19.
- Eggleton P., Inward K., Smith J., Jones D., Sherlock E. (2009). A six year study of earthworm (lumbriidae) populations in pasture woodland in southern England shows their responses to soil temperature and soil moisture. *Soil Biology & Biochemistry* 41(9): 1857-1865.
- Filzek, P. D. B., Spurgeon, D. J., Broll, G., Svendsen, C., Hankard, P. K., Parekh, N., Stubberud, H. E., Weeks, J. M. (2004). Metal effects on soil invertebrate feeding: Measurements using the bait lamina method. *Ecotoxicology*, 13, 807-816.
- FOCUS. (2006). Guidance Document on Estimating Persistence and Degradation Kinetics from Environmental Fate Studies on Pesticides in EU Registration. The Final Report of the Work Group on Degradation Kinetics of FOCUS.
- Glyphosate RAR. (2013). Renewal Assessment Report. Volume 3. Annex B.9 "Ecotoxicology". Rapporteur Member State assessment reports submitted for the EU peer review of active substances used in plant protection products. European Food Safety Authority.
- Graenitz, J., Bauer, R., (2000). The effect of fertilization and crop rotation on biological activity in a 90 year long-term experiment. *Die Bodenkultur - Journal for Land Management, Food and Environment*, 51(2), 99-105.
- Ibanez, M., Pozo, O., Sancho, J. V., Lopez, F., Hernandez, F. (2005). Residue determination of glyphosate, glufosinate and aminomethylphosphonic acid in water and soil samples by liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1081, 145-155.
- ISO (2015). International Organisation for Standardisation. Soil quality -- Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms -- Bait-lamina test. ISO/FDIS 18311. Geneva, Switzerland.
- Kinsey, N., Walters C. (2014). Neal Kinseys Hands-on Agronomy. Der etwas andere Blick auf Bodenfruchtbarkeit und Düngung. Bayer Handelsvertretung, York-Th. Bayer, Berlin.
- Kratz, W. (1998). The Bait-Lamina Test - General Aspects, Applications and Perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 5, 94-96.

- Kula, C., Römbke, J. (1998). Evaluation of soil ecotoxicity test with functional endpoints for risk assessment of plant protection products: State of the art. *Environmental Science and Pollution Research*, 5, 94-96.
- Larink, O. (1993). Bait lamina as a tool for testing the feeding activity of animals in contaminated soils. In Donker, M.H., Eijsackers, H. and F. Heimbach, F. (eds): *Ecotoxicology of Soil Organisms*, pp. 339–345. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Larink, O., Kratz, W. (1994). Bait lamina workshop in Braunschweig - a summing up. *Braunschweiger Naturkundliche Schriften*, 4, 647-651.
- Larink, O., Sommer, R. (2002). Influence of coated seeds on soil organisms tested with bait lamina. *European Journal of Soil Biology* 38, 287-290.
- Reinecke, A. J., Helling, B., Louw, K., Fourie, J., Reinecke, S. A. (2002). The impact of different herbicides and cover crops on soil biological activity in vineyards in the Western Cape, South Africa. *Pedobiologia* 46, 475-484.
- Römbke, J., Höfer, H., Garcia, M. V. B., Martius, C. (2006). Feeding activities of soil organisms at four different forest sites in Central Amazonia using the bait lamina method. *Journal of Tropical Ecology*, 22:313-320.
- Simonsen, L., Fomsgaard, I. E., Svensmark, B., Spliid, N. H. (2008). Fate and availability of glyphosate and AMPA in agricultural soil. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 43, 365-375.
- Simpson, J. E., Slade, E., Riutta, T., Taylor, M. E. (2012). Factors Affecting Soil Fauna Feeding Activity in a Fragmented Lowland Temperate Deciduous Woodland. *PLoS ONE* 7(1): e29616. doi:10.1371/journal.pone.0029616.
- Sinaj, S., Richner, W., Flisch, R., Charles, R. (2009). Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages (DBF-GCH). *Revue suisse d'agriculture* 41(1), 1-98
- Sturm, J. R. M., Sturm, M., Eisenbeis, G. (2002). Recovery of the biological activity in a vineyard soil after landscape redesign: A three-year study using the bait-lamina method. *Vitis* 41(1), 43-45.
- Tomlin CDS, editor (2000). *The pesticide manual: a world compendium*. 12th ed. Croydon: British Crop Protection Council.
- Von Törne, E. (1990). Assessing feeding activity of soil-living animals. *Pedobiologia*, 34, 89-101.