



Evaluation de la biologie du sol sous l'effet du traitement chimique en semis direct dans une zone semi-aride de l'Algérie

Labad Ryma^{1*}, Hartani Tarik¹⁻², Belguet Haroun³, Bendada Hocine³, Louahdi Nasredinne³ et Taibi Mourad³

¹ Département de Génie Rural, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA Ex INA), El Harrach, 16000, Algérie.

² Centre universitaire de Tipaza, 42000, Algérie.

³ Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC). Sétif, 19000, Algérie.

*Corresponding author: ryma_loulou308@hotmail.fr / r.labad@st.ensa.dz

Received; 10 April 2018/Accepted: 20 Mai 2018

Abstract:

Considering the important role of microorganisms in preserving the agricultural ecosystem, an experimental trial was conducted to evaluate the effect of direct seeding on the activity of microorganisms in cereal soil treated by glyphosate. The experiment was conducted during the 2015/2016 agricultural season in the semi-arid plains of Setif, where direct seeding is gradually expanding over the time. The amount of glyphosate in the soil was determined by the HPLC-UV method while the evaluation of biological activity was followed in the laboratory by the respirometry method. The physico-chemical parameters of the soil have been determined: texture, total limestone (CaCO_3), cation exchange capacity (CEC), organic matter (MO), organic nitrogen (N) and $\text{pH}_{(\text{water})}$. The results show that the glyphosate reaches the soil during weed treatment and its degradation in the soil is related to a microbial activity expressed by the released CO_2 . The released CO_2 does not indicate significant statistical differences at different concentrations. Good biological activity was recorded in the presence of a high concentration of glyphosate in the soil. As a result, glyphosate has no adverse effects on the processes of soil micro-organism functioning under our experimental conditions.

Key words: Direct seeding, glyphosate, biological activity, degradation.

Résumé:

En tenant compte du rôle des microorganismes dans la préservation de l'écosystème agricole, un essai expérimental a été suivi pour évaluer l'effet du semis direct sur l'activité des microorganismes dans un sol céréalier sous traitement du glyphosate. L'expérimentation a été conduite durant la campagne agricole 2015/2016 au niveau des plaines semi-arides de Sétif où le semis direct connaît une extension progressive dans le temps. La concentration du glyphosate dans le sol a été déterminée par la méthode HPLC-UV tandis que l'évaluation de l'activité biologique a été suivie au laboratoire par la méthode de respirométrie. Des paramètres physico-chimiques du sol ont été déterminés : texture, calcaire total (CaCO_3), capacité d'échange cationique (CEC), matière organique (MO), azote organique (N) et le $\text{pH}_{(\text{eau})}$. Les résultats montrent que le glyphosate atteint le sol lors du traitement des mauvaises herbes. Sa dégradation dans le sol est liée à une activité microbienne exprimée par le taux de CO_2 libéré qui n'indique pas des différences statistiques significatives sous différentes concentrations. Une bonne activité biologique a été enregistrée en présence d'une forte concentration du glyphosate dans le sol. De ce fait, le glyphosate n'a pas d'effets indésirables sur les processus du fonctionnement des micro-organismes du sol dans nos conditions expérimentales.

Mots clés : semis direct, glyphosate, activité biologique, dégradation.

Introduction

Les microorganismes du sol jouent un rôle important dans le recyclage des nutriments, le maintien de la structure du sol, la dégradation des agro-chimiques et des polluants ainsi que le contrôle biologique (Lupwaji et al., 2007). Selon Smith et Read (2008), la plupart des espèces végétales ont tendance à s'associer à des micro-organismes, en particulier du sol. Cette association symbiotique peut s'exprimer par plusieurs bénéfices pour les plantes tel que l'augmentation de la tolérance en condition biotique (Harley et Smith, 1983 ; Ortega et al., 2004 ; Atala et al., 2012), l'amélioration de la teneur en éléments nutritifs (Simard et Durall, 2004) et la protection contre les bactéries et les champignons pathogènes (Newshan et al., 1995). De plus, lorsque l'activité biologique est maintenue, l'érosion du sol est réduite, le stockage de la matière organique est amélioré et l'humidité du sol est optimisée (Thomas et al., 2009). Par conséquent, la biomasse microbienne totale apparaît comme un paramètre clé de l'écosystème (Epelde and al., 2008). Le semis direct, un des composants de l'agriculture de conservation, contribue à préserver, augmenter et gérer les ressources naturelles dans le sol en interaction avec l'activité biologique (Machado et al., 2008). De ce fait, la mesure de la biomasse microbienne permet d'évaluer l'influence des pratiques agricoles sur les caractéristiques des sols (Schreck, 2008). Le semis direct est basé sur l'utilisation des herbicides, et la plupart des herbicides appliqués atteignent le sol, le milieu vital de la microfaune (Bordjiba et Ketif, 2009). En revanche, la dégradation microbienne est le principal processus qui détermine la persistance des herbicides dans le sol (Virginia et al., 2013). Dans les zones semi-arides de l'Algérie où le semis direct connaît une extension progressive, l'interaction entre le glyphosate utilisé en semis direct et l'activité biologique du sol est encore indéfinie. Le but de ce travail est d'évaluer l'activité des microorganismes dans un sol céréalier sous traitement du glyphosate. Notre hypothèse est que l'association « glyphosate- semis direct » dans les zones semi-arides maintient l'activité biologique et assure la dégradation de l'herbicide dans le sol.

Matériel et méthodes

Site expérimental

La réaction biologique du sol avec l'herbicide a été étudiée du mois d'Octobre 2015 jusqu'au Mois d'Avril 2016 sur le site expérimental de l'Institut Technique des Grandes Cultures

« ITGC » Sétif, qui se caractérise par un climat semi-aride avec des hivers froids et pluvieux et des étés chauds et secs. Les précipitations moyennes enregistrées durant la campagne d'étude étaient 362.41 mm et la température moyenne était relativement élevée (19.63°C) durant l'expérimentation (Figure 1).

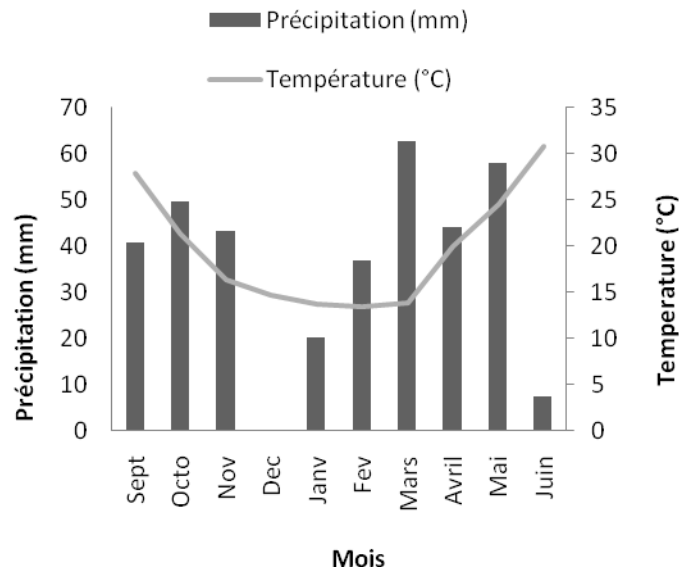


Figure 1 : Diagramme ombrothermique de bagnouls et gausse pour la campagne 2015/2016

Le site se trouve à une altitude de 1080 m, à la latitude 36° 9' N et à la longitude 5° 21' E. Ce site a été initialement choisi parce qu'il a été cultivé pendant huit ans en semis direct avec un traitement chimique des mauvaises herbes à base du glyphosate. La surface d'essai est de 270 m² divisée en trois micro-parcelles. Le matériel végétal utilisé est « *Hordeum vulgare* » avec la variété « Fouara » et le Ridazate (360g/ l du glyphosate) est l'herbicide de prés-semis choisi. Le traitement des mauvaises herbes a été réalisé le 02 Décembre 2015, en respectant la dose de 1080 g/ ha. Les prélèvements du sol ont été répartis dans le temps : Le premier prélèvement a été effectué le 11 Octobre 2015, le deuxième prélèvement a été réalisé le 08 Décembre 2015 et le troisième en 19 Avril 2016.

Méthodes d'analyses

Les propriétés physico-chimiques du sol ont été déterminées au laboratoire après le premier prélèvement réalisé en Octobre 2015, vue que les caractéristiques initiales peuvent

influencer la biologie du sol (Chaussod, 1996). A partir du même prélèvement, l'activité biologique du sol a été évaluée en relation avec les résidus du glyphosate dans le sol.

Les méthodes de détermination des propriétés physico-chimiques du sol ont été adaptées aux protocoles décrits dans l'ouvrage des analyses physiques et chimiques par Mathieu et Pieltain (2003).

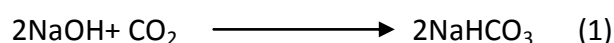
La teneur en matière organique (MO) du sol a été calculée à partir du dosage de carbone organique (CO) du sol par la méthode d'ANNE, tandis que l'azote total a été déterminé par la méthode de Kjeldahl. Les proportions des particules minérales du sol ont été déterminées par la méthode de « Robinson », le dosage du calcaire total (CaCO₃) a été effectué par le calcimètre de Bernard. L'évaluation de la capacité d'échange cationique (CEC), comme un indicateur de mesure de la fertilité du sol a été déterminée par la méthode de Metson tandis que la valeur du pH_(eau) du sol a été relevée par le pH mètre.

La concentration du glyphosate du sol, la respiration microbienne et l'humidité du sol sont les caractéristiques mesurées à chaque prélèvement. La mesure de l'humidité du sol a été calculée à partir de la formule (1) en déterminant le poids humide et sec du sol.

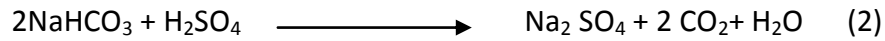
$$H (\%) = (Ph - Ps) / Ps * 100 \quad (1)$$

La détermination des résidus du glyphosate dans le sol a été réalisée par la méthode HPLC-UV après une phase d'extraction et de dérivation par FMOC-Cl « 9- fluorenyl-methyl chloroformate » (Peruzzo et al., 2008). Tandis que la respiration microbienne a été suivie dans des conditions optimales de laboratoire. Le protocole a été adapté à la norme française XPU 44-163 (AFNOR, 2005). Cinquante grammes du sol ont été incubés à l'obscurité à 28 ± 1 °C dans des flacons en verre hermétiquement fermés (Figure 2). La teneur en eau du sol a été ajustée à 80 % de la capacité au champ du sol. La capacité au champ du sol a été déterminée à partir du calculateur des propriétés hydrauliques (hydrolab.arsusda.gov) en introduisant les caractéristiques physiques du sol.

Le CO₂ dégagé au cours de l'incubation est piégé dans une solution de la soude (NaOH, 2N). (Réaction chimique 1).



Par la suite le dosage du CO₂ émis a été fait sur 1 ml de soude, 2 ml d'une solution du chlorure de baryum (BaCl₂) à 20% plus 2 gouttelettes d'un indicateur coloré (phénolphtaléine). La solution a été titrée avec l'acide sulfurique (H₂SO₄, 1M) jusqu'au virage de couleur du rose au blanc (Réaction chimique 2).



Les dates de mesure sont : 0, 3, 7, 14, 21 et 28 jours d'incubation pour les trois prélèvements réalisés.

La différence entre les taux de dioxyde de carbone (CO₂) libérés au cours du processus d'incubation en présence des trois concentrations de l'herbicide a été étudiée par une analyse de la variance (ANOVA- one way) avec un intervalle de confiance de 95%.



Figure 2 : Processus d'incubation du sol au laboratoire.

Résultats et discussion

Pour expliquer l'effet du glyphosate sur l'activité microbienne par l'estimation du CO₂ libéré lors du processus d'incubation du sol, il est nécessaire de caractériser le sol d'étude et déterminer la variabilité des résidus de l'herbicide dans le temps.

Les analyses physico-chimiques montrent que la texture du sol est limoneux-argileuse avec une fraction importante d'argile et un taux de calcaire très élevé. Du point de vue fertilité, la CEC du sol est relativement élevée avec un moyen taux de matière organique (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques générales du sol

Paramètres	
<u>Répartition de la taille des particules du sol</u>	
< 0.002 mm (Argile) (%)	35.72
0.002-0.05 mm (Limon) (%)	37.82
> 0.05 mm (Sable) (%)	26.45
Matière Organique (MO) (%)	3.95
Carbone Organique (CO) (%)	2.296
L'Azote (N) (%)	0.22
Rapport C/N	10.436
pH _(eau)	7.44
CEC (meq. 100g ⁻¹)	24.583
CaCO ₃ (%)	21.56

Les caractéristiques du sol d'étude favorisent la rétention du glyphosate dans le sol (Sprankle et al., 1975). De ce fait, en condition de plein champ, la détection des résidus de l'herbicide dans le sol en utilisant l'HPLC-UV a donné des résultats positifs.

Les résultats du premier prélèvement du sol réalisé en Octobre 2015, indiquent la présence de traces du glyphosate (0,380 µg.kg⁻¹) issues des traitements précédents. Après le traitement des mauvaises herbes en 2 Décembre 2015 avec la dose de 1080 µg.kg⁻¹, la concentration de l'herbicide a augmenté dans le sol. Une concentration de 11.702 µg.kg⁻¹ a été enregistrée à partir du deuxième prélèvement (8 Décembre 2015). Après 140 jours du traitement, la concentration de l'herbicide a diminué jusqu'à 2.277 µg.kg⁻¹ (Figure 3). Par conséquent, la dissipation du glyphosate dans le sol a été observée (Barriuso, 2004).

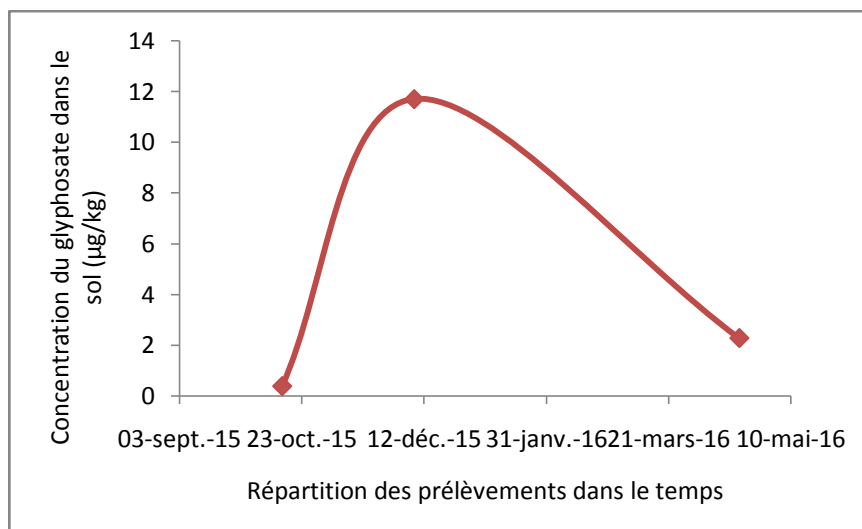


Figure 3 : Cinétique de dissipation du glyphosate dans le temps

Selon Giesy et al. (2000), la dissipation du glyphosate dans le sol est due essentiellement à la dégradation microbienne. En parallèle, l'évaluation du potentiel biologique du sol à travers le rapport C/N montre que le sol d'étude peut être active biologiquement dans un intervalle de pH basique à faiblement alcalin (Tableau 1). En outre les variabilités de l'humidité du sol à chaque prélèvement sont proches à la capacité au champ du sol (Tableau 2), ce qui régularise l'activité biologique dans un sol (Bento et al., 2016).

Tableau 2: Propriétés hydriques du sol

Propriétés hydriques	
Capacité au champ du sol (%)	38.5
Point de flétrissement (%)	21.5
Humidité du sol en 11 Octobre 2015 (%)	30.23
Humidité du sol en 08 Décembre 2015 (%)	32
Humidité du sol en 19 Avril 2016 (%)	25

L'analyse du comportement biologique du sol en conditions contrôlées de laboratoire durant une période d'incubation de 28 jours et en présence des trois concentrations du glyphosate permet de déterminer l'effet de l'herbicide sur la population microbienne. Pour le CO₂ journalier, trois étapes ont été observées (Figure 4).

- La première étape varie entre 0 et 7ème jour: représente le temps nécessaire pour que les microorganismes s'adaptent aux conditions d'incubation. Une faible production de CO₂ libéré par les microorganismes dans les 3 sols a été enregistrée. La valeur la plus élevée est lié au sol récupéré avant le traitement, en présence de quelques traces de glyphosate (0,38 µg.kg⁻¹). La faible quantité produite s'exprime par une faible activité biologique en début d'incubation.

- La deuxième étape s'étale entre le 7ème et le 21ème jour: c'est l'étape à laquelle une forte activité microbienne a été enregistrée. Le taux de CO₂ produit a atteint 3.96 mg/g dans le cas de la présence de 11.702 µg.kg⁻¹ du glyphosate dans le sol (sol issu du prélèvement de 8 Décembre 2015), ce qui démontre que la présence du glyphosate a un effet significatif sur les populations microbiennes du sol et leurs activités (Bordjiba et Ketif, 2009).

- Au cours de la dernière semaine d'incubation (la dernière étape qui varie entre le 21ème et le 28ème jour), la quantité de CO₂ produite par les microorganismes du sol enregistre un déclin et une stabilisation pour les trois échantillons du sol. La diminution de l'activité des

microorganismes s'explique par l'épuisement des éléments nutritifs au cours de l'étape précédente où la production de CO₂ était maximale.

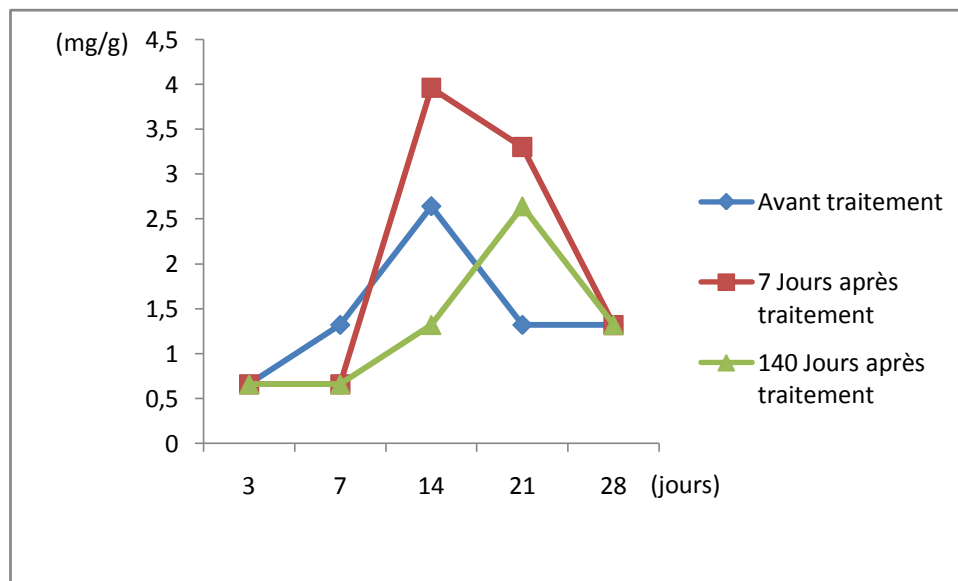


Figure 4 : Le taux de dioxyde de carbone (CO₂) journalier pendant la période d'incubation

En tenant compte de taux du CO₂ cumulé au cours de processus d'incubation (Figure 5), une bonne activité biologique a été enregistrée en présence de 11.702 µg.kg⁻¹ de glyphosate dans le sol par rapport au cas où la concentration est faible (0.380 et 2.277 µg.kg⁻¹). Ce résultat est en accord avec plusieurs travaux de recherche qui suggèrent que l'activité biologique est stimulée en présence du glyphosate dans le sol (Haney et al. 2000 ; Vieiga et al., 2001).

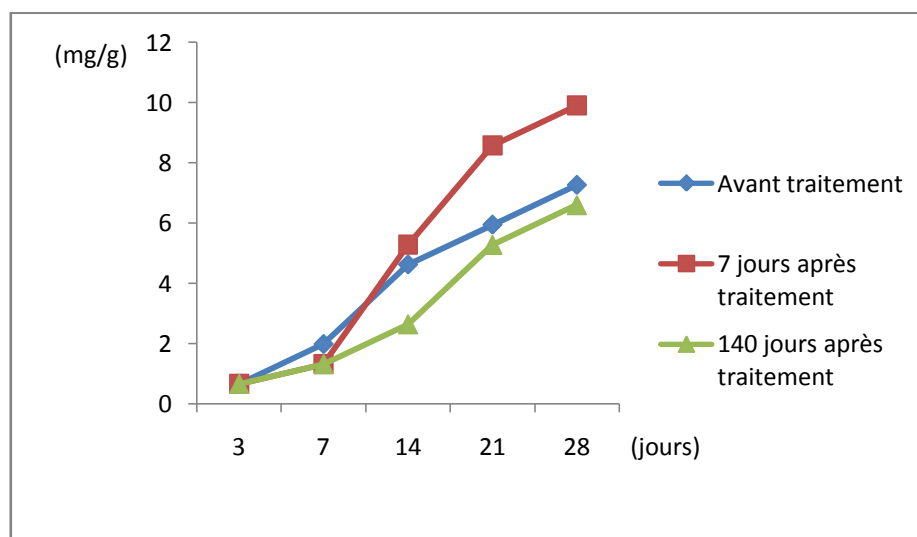


Figure 5: Le taux de dioxyde de carbone (CO₂) cumulé pendant la période d'incubation

Dans le présent cas d'étude, la dissipation du glyphosate dans le sol a été observée en relation avec une production de dioxyde de carbone qui se traduit par une activité biologique du sol. Le taux de CO₂ libéré lors du processus d'incubation sous différentes concentrations de l'herbicide n'indique pas des différences statistiques significatives. De ce fait, le glyphosate a été dégradé et n'a pas affecté le processus d'activité microbienne (Sprankle et al., 1975). Par conséquent, le glyphosate peut se dégrader dans un sol qui répond à certaines caractéristiques du sol (humidité, pH, disponibilité de matière organique facilement dégradable et une bonne CEC).

Conclusion

Les résultats de ce travail montre que lors du traitement des mauvaises herbes par le glyphosate, quelques fractions atteignent le sol et peuvent persister jusqu'à 140 jours. Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques d'un sol cultivé pendant huit ans en semis direct ont engendré la dissipation de l'herbicide dans le sol. De ce fait, le glyphosate n'est pas un inhibiteur de l'activité microbienne qui favorise sa dissipation dans le temps. En fin, l'association « glyphosate- semis direct » dans les zones semi-arides maintient l'activité biologique et assure la dégradation de l'herbicide dans le sol malgré sa persistance.

La pertinence de ces résultats se focalise sur la connaissance du devenir de l'herbicide dans le sol en semis direct et ses effets sur la biologique du sol dans une des zones semi-arides de l'Algérie.

Références bibliographiques

- AFNOR, Standard on the incubation method under controlled conditions. French standardization XPU 44-163, 2005.
- Atala, C., Muñoz-Caponi, E., Pereira, G., Navarrete, E., Oses, R., Molina-Montenegro, M.A. 2012. "Impact of mycorrhizae and irrigation in the survival of seedlings of *Pinus radiata* D. Don subject to drought". *Gayana Bot.*, vol. 69, p296-304.
- Barriuso, E. 2004. Assessment of the environmental risks of pesticides. INRA Edition, p 123.
- Bento, Celia P.M., Xiaomei, Yang, Gemit Gort, Sha Xue, Rudd van Dam, Paul Zomer, Hans, G.J. Mol, Coen J. Ritsema, Violette, Geissen. 2016. "Persistence of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in loess soil under different combinations of temperature, soil moisture and light/ darkness". *Science of the total environment*, vol. 572, p301-311.
- Bordjiba O. et Ketif A. 2009. " Effect of three Pesticides (Hexaconazole, Bromuconazole and Fluazifopbutyl) on some Biochemical Metabolites of the Hard Wheat: *Triticum durum*" Faculty of Sciences, Departement of Biology, University of Badji Mokhtar Annaba, *European journal of Scientific Research*, p. 260-268.

- Chaussod R. 1996. Biological quality of soils. Evaluation and application. Study and soil management, pp 3-4.
- Epelde L, Mijangos I, Becerril JM, Garbisu C. 2008. « Soil microbial community as bioindicator of the recovery of soil functioning derived from metal phytoextraction with sorghum ». *Soil Biology and Biochemistry*.
- Giesy, J. P., Dobson, S., Solomon, K. R. 2000. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Reviews of environmental contamination and toxicology*. Springer, 35–120.
- Haney, R., Senseman, S., Hons, F., Zuberer, D. 2000. Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. *Weed Science* 48 (1), 89–93.
- Harley, J.L., Smith, S.E. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, pp 483.
- Lupwayi, N.Z., K.G. Hanson, K.N. Harker, G.W. Clayton, R.E. Blackshaw, J.T. O'Donovan, E.N. Johnson, Y.Gan, R.B. Irvine, M.A. Monreal. 2007. "Soil microbial biomass, functional diversity and enzyme activity in glyphosate-resistant wheat – canola rotation under low-disturbance direct seeding and conventional tillage". *Soil Biology and Biochemistry*, vol.39, pp. 1418–1427.
- Machado S., Terie S., Rhinhart K., Ramig R.E. 2008. "Tillage effects on water use and grain yield of winter wheat and green pea in rotation". *Agron.J.*, vol. 100, pp. 154-162.
- Mathieu Clément, Pieltain Françoise. 2003. *Analyse chimique des sols « Méthodes choisies »*, 386p.
- Newsham, K.K., Fitter, A.H., Watkinson, A.R. 1995. "Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas". *Trends Ecol.*, vol. 10, pp. 407-411.
- Ortega, U., Duránbeitia, M., Menéndez, S., González-Murúa, C., Majada, J. 2004. "Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on growth and water relations of *Pinus radiata* in different water regimes". *Tree Physiol.* Vol. 24, pp.65-73.
- Peruzzo, Pablo J., Atilio A. Porta, Alicia E. Ronco. 2008. « Levels of glyphosate in Surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina". *Environmental Pollution*, vol. 156, pp. 61-66.
- Schreck Eva. 2008. Influence of maintenance of soil in wine environment for the transfer of herbicides to water infiltration- Impact on Earthworms, University of Paul Sabatier-Toulouse III.
- Simard, S.W., Durall, D.M. 2004. " Ectomycorrhizal networks: a review of their extent, function and importance". *Can. J. Bot.*, vol. 82,p 1140-1165.
- Smith, S.E., Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, third ed. Academic, San Diego, USA.
- Sprankle, P., Meggit, W.F. and Penner, D. 1975. "Adsorption, mobility, and microbial degradation of glyphosate in the soil". *Weed Sci.* 23, p 229-234.
- Tejada, M. 2009. Evolution of soil biological properties after addition of glyphosate, diflufenican and glyphosate + diflufenican herbicides. *Chemosphere* 76 (3), 365–373.
- Thomas F., Archambeaud M., Billerot S., Carville C. 2009. *Conservation techniques of soils*, Madison, France, p. 106.
- Vieira, F., Zapata, J., Marcos, M. F., Alvarez, E. 2001. Dynamics of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in a forest soil in Galicia, north-west Spain. *Science of the total environment* 271 (1), 135–144.
- Virginia C. Aparicio, Eduardo De Gerónimo, Damián Marino, Jezabel Primost, Pedro Carriquiriborde, José L. Costa. 2013. « Environmental fate of glyphosate and aminomethyl- phosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins ». *Chemosphere*, vol. 93, pp. 1866–1873.