

Les paillis de résidus de culture en systèmes sans travail du sol : impacts sur le fonctionnement du sol et le devenir du carbone et de l'azote

Sylvie Recous¹, Sandro Giacomini², Pascal Thiébeau¹, Akhtar Iqbal^{1,3}
Patrick Pinheiro², Raquel Schmatz², Patricia Garnier⁴

¹INRA, UMR FARE, Université de Reims Champagne-Ardenne, 2 Esplanade R. Garros, 51100 Reims, France,

²Department of Soils, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS 97105-900, Brazil,

³COMSATS Institute of Information Technology, Abbottabad 22060, Pakistan,

⁴INRA, UMR ECOSYS, F-78500 Thiverval-Grignon, France.

Le travail du sol a un effet direct sur la structure du sol, la distribution spatiale de la matière organique humifiée et la localisation des matières organiques récemment apportées (résidus de culture, déchets et effluents). Il a aussi un effet indirect sur le fonctionnement du sol car le placement initial des résidus de culture, notamment la présence ou l'absence de paillis à la surface du sol, la masse et épaisseur de ces paillis, modifient de nombreux paramètres physiques du sol, qui influencent à leur tour la composition et l'activité des communautés vivantes et les cycles biogéochimiques. L'objectif de la communication présentée est de montrer quelles sont les conséquences de la présence de paillis de résidus végétaux de nature différente, sur leur dynamique de décomposition, et la dynamique de l'azote (N) associée. Elle vise à souligner la complexité des interactions entre fonctionnements physique, chimique et biologique dans de tels systèmes. L'exposé illustrera les principaux résultats à travers plusieurs exemples en agriculture de conservation (Thiébeau et Recous, 2016) ou sans travail du sol, en situations de région tempérée ou tropicales (Coppens et al. 2006 ; Iqbal et al. 2013, 2015 ; Pinheiro et al. 2018, 2019 ; Schmatz et al. soumis).

Dans les systèmes sans travail du sol ou à travail réduit du sol, les résidus de culture sont laissés à la surface du sol, et le contact sol-résidus est alors limité, ce qui rend les nutriments spatialement « distants » du carbone (C) ajouté à la surface du sol. Les résidus de culture qui ont une faible concentration en nutriments (C:N, C:P élevés) comme les pailles de céréale sont alors tendance à se décomposer plus lentement que lorsqu'ils sont incorporés dans le sol, en raison d'une limitation de la disponibilité de ces nutriments pour les micro-organismes décomposeurs. La présence d'une couche organique en décomposition à la surface du sol se traduit aussi par une minéralisation nette d'azote plus élevée de la couche inférieure du sol, en raison de l'absence d'incorporation de C résiduel. Au cours de la décomposition, pour une même quantité de carbone décomposée, il en résulte une organisation plus faible d'azote microbien (Coppens et al. 2007, Redin et al. 2013).

L'effet majeur de la présence d'un mulch de résidus végétaux à la surface du sol est cependant la modification des régimes hydrique et thermique du sol (Pinheiro et al. 2019) en raison i) de l'interception de la pluie par les paillis qui dépend de la nature des résidus et de l'épaisseur du paillis (et donc de sa masse) ; ii) de la limitation de l'évaporation, qui conduit en général à une augmentation significative de l'humidité du sol sous le paillis. La capacité maximale de rétention d'eau des résidus de culture, de l'ordre de 1 à 4 g H₂O par gramme de résidu sec, et leur vitesse d'humectation varient fortement selon les espèces, et dépend principalement de la densité des tissus végétaux ou à l'inverse, de leur porosité (Iqbal et al. 2013). Cette capacité à s'humidifier et à rester humide après les pluies influence leur décomposition à la surface des sols. Les vitesses de décomposition peuvent être alors principalement dépendantes du régime de pluie, effaçant alors l'effet du type de résidu (Coppens et al. 2007). Cette capacité de rétention d'eau, influence aussi les mélanges de résidus d'espèces différentes (par exemple un mélange de paille de maïs et de résidus verts de légumineuse étudié par Iqbal et al., 2015) : il a été observé des synergies dans la décomposition des mélanges (c'est-à-dire une décomposition du mélange supérieure à celle imputable proportionnellement à chacune des deux composantes) en raison de la capacité du paillis de maïs à retenir une humidité importante bénéficiant à la dégradation de l'autre composante du mélange moins apte à retenir l'eau (Iqbal et al., 2015). Le paillis a donc un effet majeur sur le régime hydrique du paillis lui-même et du sol, dont les effets importants ou parfois négligeables dépendent totalement du climat d'une situation considérée.

Enfin, des quantités importantes de C et de N peuvent être lessivées des paillis soumis à des pluies de durée et d'intensité variables, comme cela a été observé en conditions contrôlées (Thiébeau

et al. 2013), ainsi qu'en conditions de plein champ avec des paillis de vesce et de blé, en conditions tropicales (Schmatz et al. soumis). La pluie influence aussi la distribution de l'azote apporté par fertilisation à la surface du paillis, que ce soit de l'urée (Pinheiro et al. 2019) ou des produits organiques résiduels (Kyulavski et al. 2019).

Le paillis atténue significativement les fluctuations de température du sol, conduisant à des conditions globalement plus favorables à l'activité microbienne à l'interface sol-paillis. De ce fait, lors de situations culturales et sous des climats variés, la présence de paillis de feuilles sénescentes (ex. *Miscanthus*) ou l'augmentation de la masse de paillis (ex. canne à sucre, vesce) ont fait croître significativement les émissions de N_2O comparativement aux mêmes situations sans résidus (Peyrard et al., 2017, Pinheiro et al., 2019, Schmatz et al., soumis), réduisant, à court terme, le bilan positif du recyclage du carbone dans les sols sur le bilan de gaz à effet de serre. A l'interface avec les sols, les paillis représentent en fait des « hot spots » d'émissions de N_2O , car cette situation combine l'activité microbienne des décomposeurs consommateurs d'oxygène, une source d'azote assimilable et de carbone labile, et des conditions d'humidité favorables à la nitrification et dénitrification (Pinheiro et al. 2019). Après fertilisation minérale ou organique, la présence de paillis peut aussi favoriser l'augmentation des émissions d'azote par volatilisation car il augmente les surfaces d'échange avec l'atmosphère (Pinheiro et al. 2018). L'ensemble de ces flux est dépendant des disponibilités relatives des formes d'azote dans et sous les paillis, de la quantité et de la nature du carbone apporté, et des conditions microclimatiques de ce système complexe sol + paillis. La modélisation (ex. avec les modèles STICS ou PASTIS_MULCH) peut permettre de mieux comprendre ces interactions et/ou rétroactions, et les prédire.

Références:

- Coppens F et al. (2007) Decomposition of mulched versus incorporated residues: modelling with PASTIS clarifies interaction between residue quality and location. *Soil Biology and Biochemistry* 39, 1339-2350.
- Iqbal A. et al. (2015) Rain regime and soil type affect the C and N dynamics in soil columns that are covered with mixed-species mulches. *Plant and Soil* 393: 319-334.
- Iqbal A. et al. (2013) Tissue density determines the water storage characteristics of crop residues. *Plant and Soil* 367, 285-299.
- Kyulavski V. et al. (2019) Application of N Fertilizer to Sugarcane Mulches: Consequences for the Dynamics of Mulch Decomposition and CO_2 and N_2O Fluxes. *Bioenergy Research* 12, 484-496.
- Peyrard C. et al. (2017) Management practices of *Miscanthus x giganteus* strongly influence soil properties and N_2O emissions over the long term. *Bioenergy Research* 10:208-224.
- Pinheiro P.L. et al. (2018). Straw removal reduces the mulch physical barrier and ammonia volatilization after urea application in sugarcane. *Atmospheric Environment* 194, 179-187.
- Pinheiro P.L. et al. (2019). N_2O emission increases with mulch mass in a fertilized sugarcane cropping system. *Biology and Fertility of Soils* 5, 511-523.
- Redin M. et al. (2014) Interactions between the chemical quality of crop residues and their location in soil: how nitrogen availability controls mineralization of C and N. 18th International Nitrogen Workshop "Innovations for sustainable use of N resources", 29/06 - 3/07 /2014, Lisbon, Portugal.
- Schmatz R. et al. (2019) How the mass and quality of wheat and vetch mulches affect drivers of soil N_2O emissions. Soumis à *Geoderma*
- Thiébeau P. et al. (2013) Capacité d'absorption d'eau et de libération de carbone soluble par des paillis, sous l'influence de pluies contrastées. 11èmes rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre. COMIFER-GEMAS, Poitiers (France).
- Thiébeau P., Recous S. (2016). Une méthode pour quantifier les biomasses de résidus de récolte à la surface des sols après la moisson. *Les Cahiers d'Agricultures*, 25 : 45001.

Remerciements :

La collaboration bilatérale Brésil-France a été soutenue par le gouvernement brésilien par l'intermédiaire du CNPq-Ciência sem Fronteiras (208415/2017-3), et par l'INRA

Mots clés : paillis, fonctionnement biologique, fonctionnement physique, sol, minéralisation, émissions gazeuses

S. Recous

Directrice de Recherches INRA à l'UMR Fractionnement des Agroressources et Environnement » (FARE) à Reims. Thématique de recherche sur les cycles couplés du carbone et de l'azote dans les sols. Co-animatrice du RMT Fertilisation & Environnement, membre correspondant de l'Académie d'Agriculture. Vice-présidente et animatrice scientifique AgroTransfert RT. sylvie.recous@inra.fr



S Recous

SJ Giacomini

P. Thiébeau

P. Garnier