

Le potentiel de stockage de carbone du semis direct en comparaison d'autres techniques culturales

Tiphaine CHEVALLIER¹, Aurélie METAY², Dominique ARROUAYS³,
Jerome BALEDENT, J.⁴, Jean Claude GERMON⁵, Bruno MARY⁶,
Jean ROGER-ESTRADE⁷

¹UR SeqBio, IRD, 2 place Viala Bât. 12, F-34060 Montpellier Cedex

²ISTOM, 32, bd du Port F- 95094 Cergy

³INRA Unité Infosol, avenue de la Pomme de Pin Ardon, F- 45166 Olivet

⁴UR Géochimie des Sols et des Eaux Europole méditerranéen de l'Arbois, BP 80 F-13545 Aix-en-Provence cedex 04

⁵Centre de Microbiologie du Sol et de l'Environnement, 17 rue Sully F-21034 Dijon cedex

⁶Rue Fernand Christ - F-02007 Laon cedex

⁷INA-PG Centre de Grignon UMR d'Agronomie BP 01 F- 78850 Thiverval-Grignon

1. Introduction

A l'échelle mondiale, les sols continuellement cultivés représentent environ 700 milliards d'ha. Toute modification de la gestion des sols perturbe le cycle du carbone, ce qui se répercute sur les quantités stockées dans les sols. Les pertes de carbone par les sols sont attribuables à l'exportation de carbone via les récoltes, et à la respiration de la microflore du sol souvent amplifiée par les techniques culturales conventionnelles (labour). Lorsque les sols sont cultivés pendant quelques décennies (environ 20 ans), les pertes de carbone s'estompent ou cessent complètement et les quantités stockées dans le sol se stabilisent à nouveau. Pour augmenter ce stock, on peut soit augmenter le niveau des restitutions organiques, soit adopter des pratiques culturales limitant les pertes de carbone par minéralisation (Lal, 1997). Dans le contexte actuel de changement climatique et de mise en place de mesures susceptibles de ralentir l'accentuation de l'effet de serre, la question de l'évolution du stock de carbone du sol et des possibilités d'augmenter ce stock est une question d'actualité (Paustian *et al.*, 2000 ; Smith *et al.*, 2005) à l'origine de l'importante synthèse d'Arrouays *et al* (2002). Parmi les modes de gestion des sols et des systèmes de cultures réputés comme améliorant le stock de carbone du sol, tels que les plantations sylvicoles, les prairies améliorées, la gestion des jachères, les pratiques agroforestières, les pratiques de non-brûlis (canne à sucre), l'adoption d'intercultures et de couvert végétale, les techniques culturales sans labour, occupent une place particulière. Ces techniques incluant notamment les pratiques de semis direct, ont été développées initialement pour lutter contre l'érosion en Amérique du Nord puis dans d'autres pays, notamment en Australie, au Brésil et en Argentine. L'objectif de cette étude essentiellement bibliographique est de comparer ces différentes techniques sur leur potentiel de stockage du carbone dans les sols tempérés. Une rapide comparaison des effets des techniques de semis direct sur le stockage de carbone dans les sols tempérés et les sols tropicaux sera faite.

2. Matériel et méthodes

Dans un contexte de développement de la recherche sur le réchauffement climatique, de nombreux articles de synthèse ont été consacrés aux effets des différents types de pratiques culturales sur l'évolution des stocks de C du sol. L'ensemble des résultats sont principalement repris de la synthèse réalisée par l'INRA (Arrouays *et al.*, 2002) et complétés par quelques données plus récentes (article Aurélie).

3. Résultats-Discussion

L'augmentation varie de 10 à 30 % du stock mesuré après la phase de déstockage consécutive à la mise en culture. Les coefficients de variation des potentiels de stockage de carbone des différentes pratiques culturales sont souvent supérieurs à 50 %. Le peu d'essais agronomiques fiables sur le long terme accentue l'incertitude lié à ces potentiels. Ceci explique pourquoi le niveau de stockage de carbone observé dans le seul essai conduit en France permettant d'évaluer de façon fiable le bilan de C sous semis direct (Boigneville, +0.1-0.5 Mg C ha⁻¹ an⁻¹) est nettement inférieur au potentiel mis en avant par les études anglosaxonnes +0.3 à 0.4 Mg C ha⁻¹ an⁻¹). Les pratiques conduisant aux potentiels les plus élevés sont les pratiques privilégiant les restitutions organiques au sol élevées (enherbement des cultures pérennes, conversion de sols cultivés en prairie ou en forêt +0.5 tC ha⁻¹ an⁻¹ sur 20 ans). Cependant, compte tenu de l'ordre de grandeur des surfaces en jeu, le semis direct et le développement des cultures intermédiaires sont des pratiques culturales essentielles à prendre en compte. Les principales limites agronomiques de l'adoption du non labour sont le développement d'adventices et le compactage du sol, un travail superficiel du sol ou un labour une année sur 4 peut limiter ces effets négatifs tout en gardant un potentiel de stockage de carbone correct (Metay *et al.*, 2007 ; Arrouays *et al.* 2002).

Diverses études effectuées en milieux tropicaux rapportent des effets généralement positifs des systèmes en semis direct sur le stockage du C dans le sol. Six *et al.* (2002) rapportent des valeurs moyennes de stockage de C sous systèmes SCV de l'ordre de 0,35 Mg.ha⁻¹an⁻¹, tant pour les sols tempérés que tropicaux. Des travaux, effectués majoritairement au Brésil rapportent des valeurs de stockage de C variant de 0 à 1,6 Mg.ha⁻¹an⁻¹ à 0-20 cm de profondeur (Bernoux *et al.*, 2006). De même, à Madagascar, Razafimbelo (2005) montre des teneurs en C significativement plus élevées sous systèmes non labourés par rapport aux sols labourés (sur 0-20 cm + 0,7 à 1,0 Mg C ha⁻¹ an⁻¹). Ce stockage de carbone en non labour est davantage attribué à l'importante quantité de biomasse restituée par ces systèmes plutôt qu'à une diminution des sorties de carbone par minéralisation.

Tableau 1. Comparaison des différentes pratiques culturales pour des sols tempérés (d'après Arrouays *et al.* 2002).

Pratiques	Effets		Environnement /agronomie			
	Sur les entrées de carbone	Sur les sorties de carbone	positifs	négatifs	Potentiel en F	Flux de stockage additionnel (20 ans) tC ha ⁻¹ an ⁻¹
Non labour	Production légèrement -	- Protection C	Erosion -	+ pesticides + N ₂ O Compactage du sol	3.6-9 millions ha	0,15 ± 0,13
Restitutions des résidus de culture	+ 3tC ha ⁻¹ an ⁻¹				Se fait déjà	0,03-015
Restitutions des effluents d'élevage	+	+ par apport d'N		Oui si apports excessifs	Se fait déjà	
Culture intermédiaire (engrais vert)	+		Erosion - Fuites de nitrates	Organisation du travail	0.5-2.5 millions d'ha	0,16 ± 0,06
Fertilisation accrue Irrigation	+ (mais peu à gagner)	+ apport de N + apport d'eau		Risques de pollution Consommation eau Risques de lessivages	Se fait déjà	0,17 ± 0,1 0 ± 0,05
Apports organiques exogènes (déchets)	+	+		Eléments traces métalliques Eco toxicologie ?	Peu de gisement.	0.23 à 0.55 tC / tC apportée
Enherbement des vignes et vergers	++	-	Erosion -	Consommation eau	0.2-0.6 millions d'ha	0,49 ± 0,26
Conversion en prairie permanente	++	-	Biodiversité +		0.01-0.06 ha/an	0,44 ± 0,24
Afforestation	++	-	Biodiversité +	Fermeture du paysage	0.03-0.08/an	0,45 ± 0,25

4. Conclusion

Il apparaît qu'en l'état actuel des connaissances, les techniques culturales sans labour favorisent globalement le stockage de C en milieu tempéré et tropical. Cependant il existe peu d'essais agronomiques permettant d'évaluer de façon fiable et sur le long terme le bilan de matière organique. Il convient par ailleurs de garder à l'esprit que l'effet globalement positif de ces pratiques sur le stockage du carbone dans le sol, pourrait être annulé par : (i) un déstockage généralisé du carbone sur le long terme sous l'effet du changement climatique, déstockage plus marqué dans les sols riches en carbone et indépendant du niveau de protection du C (Bellamy *et al.*, 2005) ; (ii) des émissions de N₂O ou du CH₄ (Six *et al.*, 1999), susceptibles de contrebalancer l'effet positif de ce stockage (Nicolardot & Germon, 2007). Le semis direct induit des modifications profondes des états et du fonctionnement du sol : il est donc nécessaire de mieux comprendre ses effets sur l'environnement et la qualité des récoltes.

Références

- Arrouays, D., Balesdent, J., Germon, J. C., Jayet, P. A., Soussana, J. F. and Stengel, P. 2002. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France. INRA Editions. 332 pp.
- Bellamy, P.H., Loveland, P.J., Bradley, R.I., Lark, R.M. & Kirk, G.J.D, 2005. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. *Nature* 437, 245-248.
- Bernoux, M., Cerri, C. C., Cerri, C. E. P., Siqueira Neto, M., Metay, A., Perrin, A. S., Scopel, E., Razafimbelo, T., Blavet, D., Piccolo, M. C., Pavei, M. and Milne, E. 2006. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 26: 1-8.
- Lal, R. 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂- enrichment. *Soil & Tillage Research* 43: 81-107.
- Metay 2007
- Nicolardot et Germon, 2007
- Paustian, K., E.T. Elliott, J. Six and H.W. Hunt. 2000. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry* 48:147-163.
- Razafimbelo, T. 2005. Stockage et protection du carbone dans un sol ferrallitique sous systèmes en semis direct avec couverture végétale des hautes terres malgaches. PhD Thesis, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, Montpellier. 132 pp.
- Six, J., Feller, C., Deneff, K., Ogle, S., de Moraes, J. C. and Albrecht, A. 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. *Agronomie*. 22: 755-775.
- Six J., Elliott E.T., Paustian K. 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1350-1358.
- Smith, P., Andren, O., Karlsson, T., Perala, P., Regina, K., Rounsevell, M., Van Wesemael, B., 2005. Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. *Global Change Biology*, 11: 2153-2163.

26

Avril 2008

**TERRE
MALGACHE**



**SPECIAL
SEMIS DIRECT**

**TANY
MALAGASY**



MACARTHUR

The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES**