

Les systèmes de culture qui laissent peu de résidus de récolte sont-ils durables à long terme? Cas du maïs-ensilage alterné avec les céréales

JUDITH NYIRANEZA¹, MARTIN H. CHANTIGNY¹, ADRIEN N'DAYEGAMIYE²
ET MARC R. LAVERDIÈRE³

¹Agriculture et Agro-alimentaire Canada (AAC), 2560, Boulevard Hochelaga, Québec, Qc, Canada, G1V 2J3.

²IRDA, 2700 Rue Einstein, Québec, Qc, Canada, G1P 3W8.

³AAAC, 2828 Boulevard Laurier, Québec, Qc, Canada, G1V 0B9

judith.nyiraneza@agr.gc.ca

Mots clés : maïs ensilage, blé, orge, azote, carbone, stabilité des agrégats

1. Introduction

La matière organique du sol est un paramètre clé qui est associé à la qualité et à la productivité des sols. En effet, elle influence de nombreuses propriétés physico-chimiques du sol telles que la formation et la stabilisation des agrégats (Tisdall et Oades, 1982), la densité apparente (Soane, 1990) ainsi que la capacité d'échange cationique (Riffaldi et al., 1994). La fertilisation minérale (NPK) est souvent perçue comme un des moyens d'augmenter la matière organique des sols puisqu'elle permet l'augmentation des rendements et en même celle des résidus de récolte. Toutefois, certaines études ont noté des pertes de matière organique suivant les apports prolongés d'engrais minéraux, et surtout dans des systèmes de rotations retournant peu de résidus de récoltes (Khan et al., 2007). Selon Layese et al. (2002) et Alvarez (2005), l'apport prolongé de la fertilisation minérale peut freiner la diminution de matière organique des sols uniquement lorsqu'elle permet un retour important de résidus de récoltes ou si un apport régulier d'une source de carbone comme le fumier est effectué. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets à long-terme des engrais minéraux avec ou sans fumier sur les rendements de maïs ensilage et les propriétés du sol dans un système de rotation maïs-ensilage-céréale avec l'exportation de la paille des céréales.

2. Méthodologie

L'étude a été menée dans un essai de longue durée de l'Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement (IRDA) situé à la station de Saint-Lambert de Lauzon. Un dispositif en split-plot a été installé en 1977 ayant comme facteur principal l'apport de fumier de bovin (0 et 20 Mg ha⁻¹ sur base humide) et comme facteur secondaire la fertilisation minérale (témoin, PK, NPK). Après 28 ans, nous avons analysé l'effet des traitements sur les propriétés du sol et sur la production du maïs-ensilage. L'apport du fumier était effectué annuellement à l'automne de 1977 jusqu'à l'automne 2003. Les effets résiduels de ces apports organiques répétés ont été évalués sur une culture de maïs-ensilage lors des saisons de croissance 2005-2006. La rotation des cultures consistait en maïs-ensilage-maïs-ensilage-blé-orge.

3. Résultats

Au début de cet essai en 1977, le sol avait une teneur en carbone de 28 g C kg⁻¹. Après 28 années de labour continu et de fertilisation minérale, la teneur en carbone était de 21 g C kg⁻¹ dans les parcelles sans fumier et de 25 à 29 g C kg⁻¹ dans celles avec fumier (Tableau 1). Sans fumier, la diminution de C dans le traitement NPK était comparable au témoin. La valeur initiale de N était de 2.2 g N kg⁻¹ et était, 28 années plus tard, de 1.46 à 1.55 g N kg⁻¹ dans les sols sans fumier alors qu'elle était de 1.89 à 2.10 g N kg⁻¹ dans les sols ayant reçu le fumier. L'apport d'engrais azoté (contraste PK vs NPK) a significativement diminué les teneurs du sol en P, K, Mg, Fe et Mn (Tableau 1). L'apport de fumier a significativement augmenté la proportion des macroagrégats stables à l'eau (de diamètre >0.25 mm) alors que la fertilisation minérale prolongée a fortement diminué la stabilité des agrégats à l'action de l'eau. L'apport de fumier et de l'engrais NPK a augmenté les rendements de maïs-ensilage en 2005 et 2006. Cette étude a démontré que l'engrais minéral (NPK) a permis d'obtenir des rendements élevés en maïs-ensilage. En augmentant les rendements, l'apport d'engrais minéral a augmenté aussi le prélèvement des éléments nutritifs du sol par les cultures et a stimulé la minéralisation de la matière organique du sol. Ceci entraîne par conséquent la diminution de la matière organique et de la stabilité des agrégats du sol et l'appauvrissement du sol en éléments majeurs.

Tableau 1. Effets à long-terme (28 ans) d'application d'engrais minéraux avec ou sans fumier de bovin sur les teneurs en N, C, P, K, Ca du sol, la stabilité des agrégats (SA) ainsi que sur les rendements de maïs ensilage en 2005 et 2006.

	C	N	P	K	Ca	SA	Rendement (kg ha ⁻¹)	
	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			%	2005	2006
Sans fumier								
Témoin	21	1.46	46	47	1049	65	3916	1420
PK	21	1.46	94	161	970	64	3799	1338
NPK	21	1.55	85	97	929	59	10064	8566
Avec fumier								
Témoin	29	2.10	93	142	1420	75	7983	2955
PK	26	1.92	141	216	1337	72	8129	3099
NPK	25	1.89	125	153	1146	69	15063	10465
Analyse de la variance (niveau de probabilité)								
Fumier (F)	0.096	0.026	0.114	0.036	0.053	0.045	0.029	0.048
Engrais (E)	0.067	0.662	<0.001	<0.001	0.035	0.026	<0.001	<0.001
F x E	0.021	0.359	0.597	0.087	0.400	0.728	0.882	0.969
Contrastes pour l'effet "Engrais" (niveau de probabilité)								
Témoin vs autres	0.038	0.416	<0.001	<0.001	0.030	0.030	<0.01	<0.001
PK vs NPK	0.648	0.730	0.010	<0.001	0.095	0.050	<0.001	<0.001

4. Conclusions

Cette étude a démontré que la fertilisation minérale seule ne peut pas maintenir à long terme la qualité et la productivité des sols sous des systèmes de rotation qui laissent peu de résidus de récolte. Elle doit ainsi être complétée par un apport régulier de fumier ou d'un autre amendement organique. La diminution des teneurs en C, N, P, K, Mg, Fe et de la proportion des macroagrégats stables à l'eau observée dans cette étude est une résultante de la fertilisation azotée, du labour fréquent et de l'exportation des résidus. L'apport régulier de fumier a permis de contrecarrer ces effets et de maintenir la productivité de ces systèmes de rotation.

5. Références

- Alvarez, R. 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management* 21, 38-52.
- Layese et al. 2002. Current and relic carbon using natural abundance carbon-13. *Soil Science* 167, 315-326.
- Riffaldi et al. 1994. Chemical characteristics of soil after 40 years of continuous maize cultivation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 49, 239-245.
- Soane, B. D. 1990. The role of soil organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. *Soil Tillage Research* 16, 179-201.
- Tisdall, J.M., et Oades J. M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Journal of soil Science* 33, 141-163.



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



Effets de la texture et de la fertilisation azotée sur le rendement et la qualité de blé de printemps

Judith Nyiraneza, Athyna Cambouris, Noura Ziadi,
Nicolas Tremblay et Michel Nolin

Journée scientifique sur les grandes cultures, 23 février 2012, Drummondville, QC

Canada

INTRODUCTION



Influence de la fertilisation azotée sur la production de blé

Surfertilisation

- Perte dans l'environnement
- Perte de rendement et de qualité (Bundy et Andraski, 2004)

Sous-fertilisation

- Baisse de rendement
- Faible teneur en protéine, faible rentabilité



Facteurs influençant la réponse du blé à la fertilisation azotée

- **Rotation des cultures**
- **Travail du sol** (Carr et al., 2008)
- **La source d'engrais** (Yang et al., 2011)
- **Le temps d'application** (Karamonos et al., 2005)
- **La texture du sol** (Nyiraneza et al., 2012)



Objectifs de l'étude

Évaluer l'influence de la texture de surface du sol et de la fertilisation azotée sur:

- Les quantités de N prélevées
- L'efficacité d'utilisation d'engrais N (EUN)
- Rendement en grain (RG)
- Paramètres de qualité : poids spécifique, concentration en protéine du grain (CPG)



Matériels et méthodes

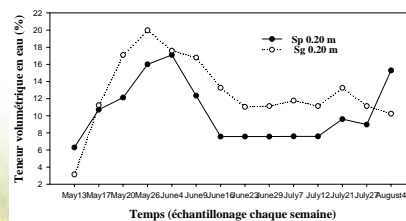
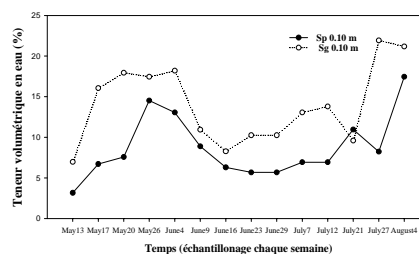
- Durée: (2004-2006)
- Lieu : Saint-Marc-sur-Richelieu
- Quatre groupes de sols (texture de surface + ordre taxonomique) :

A : sols argileux

L : sols loameux

Sg : sols sableux (ordre des gleysols)

Sp : sols sableux (ordre des podzols)



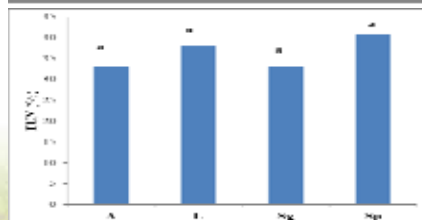
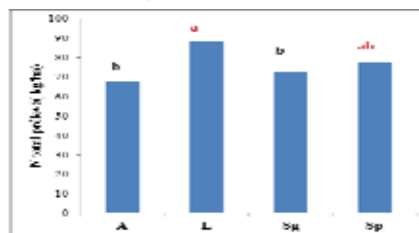
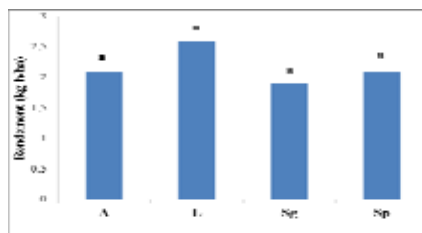
Matériels et méthodes (suite)

Huit traitements : **N0, N40, N80, N120, N120t, N120s, N160, N200**

- **N40, N80, N120, N160, N200**: 30 kg N ha⁻¹ au semis et le reste au stade d'élongation de la tige
- **N120t** : 50% au semis et 50% au tallage
- **N120s** : toute la dose au semis



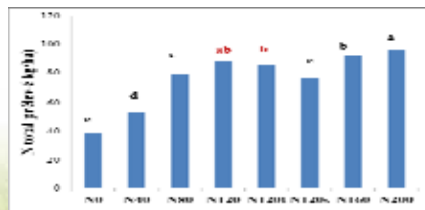
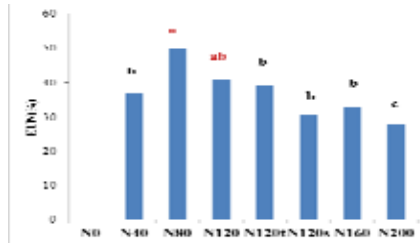
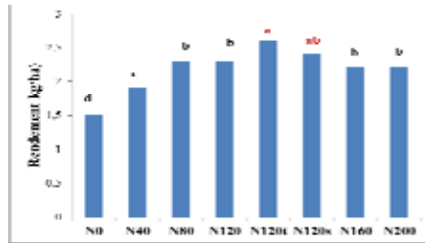
Effet de la texture sur le rendement en grain (RG), le N total prélevé et l'efficacité d'utilisation d'engrais N (EUN)



RG et EUN comparables entre les groupes de sols (texture-ordre)
N total prélevé : quantités élevées dans les groupes L



Effet de la fertilisation sur le rendement en grain (RG), le N total prélevé et l'efficacité d'utilisation de N (EUN)

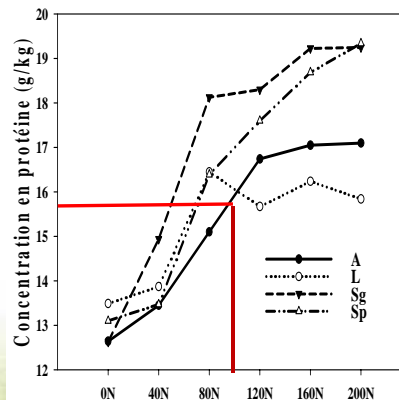


- Rendement plus élevé avec N120t et N120s
- EUN plus faible avec N200
- N total prélevé comparable entre N120 et N200
- Aucun avantage d'apporter plus de 120 kg N/ha



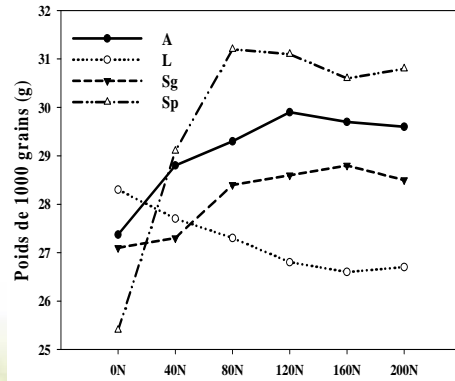
Effet de la texture et de la fertilisation azotée sur la concentration en protéine (CPG)

- **Sg et Sp** : CPG augmente jusqu'à 200 kg N/ha
- **L** : valeur maximale obtenue à 80 kg N/ha
- **A** : valeur plus faible en comparaison avec des sols sableux (**Sg et Sp**)
- **Prime jusqu'à CPG = 15.5 g kg⁻¹** (McKenzie et al., 2006)

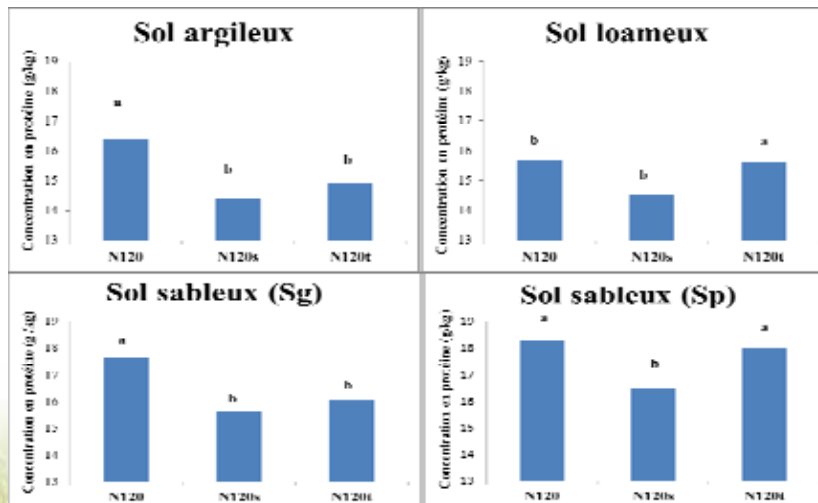


Effet de la **texture** et de la **fertilisation azotée** sur le poids de 1000 grains (PMG)

- PMG plus **élevé** dans les sols **sableux**
- **L** : PMG diminue avec l'augmentation de la dose
- Dans **tous les groupes de sols**, aucun avantage d'apporter plus de 120 kgN/ha



Effet du temps d'application sur la teneur en protéine



Concentration en **protéine** plus élevée quand l'apport de N était fractionné en **deux applications** comparé à une dose unique apportée au semis.

Conclusions

- La dose de **120 kg N/ha** était **suffisante** compte tenu de:
 - Rendement en grain**
 - N total prélevé**
 - Poids de 1000 grains**
- La dose de **120 kg N/ha** a aussi permis de **maximiser la prime** associée à la **teneur en protéine**



Conclusions (suite)

- **Augmentation** de la teneur en **protéine** dans toutes les textures quand l'apport de N se fait en **deux applications**
- La **texture** influence la **réponse** à la **fertilisation azotée** du blé de printemps

