

## Fertilisation azotée dans le maïs en Chaudière-Appalaches

**Marc-Olivier Gasser, agr. Ph.D.**  
**Louis Robert, agr. M.Sc.**

IRDA, Québec  
 MAPAQ, Sainte-Marie-de-Beauce  
 Boucherville  
 20 novembre 2014

### MAÏS SUR RETOUR DE PRAIRIE : RÉDUIRE LA FERTILISATION AZOTÉE ET LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

IDENTIFICATION DES LIEUX DE LÉGISLATION ET FERTILISATION AZOTÉE

The infographic includes several line graphs showing trends in nitrogen fertilizer use and greenhouse gas emissions (CO2e) over time. It also features a table with data points and a photograph of a tractor in a field.

### Chaudière-Appalaches et Côte-du-Sud

2012 et 2013  
 Retour de prairie : 14 sites  
 Incorporation rapide des lisiers : 8 sites

Club de fertilisation de la Beauce  
 Groupe CA Côte du Sud  
 Fertior  
 CROB  
 Club optisol de Montmagny

### Maïs sur retour de prairie Ou'en est-il en Chaudière-Appalaches?

Sur un retour de prairie, le maïs a besoin de peu d'azote

Par : Louis Bergeron, agronome  
 Consultant MAPAQ, Centre de services de Victoriaville  
<http://www.maq.gouv.qc.ca>  
 Révisé le 19 avril 2012

**Comparaison de différentes méthodes d'évaluation de la fertilité azotée des sols et détermination de la dose N optimale du maïs ensilage**  
 M. LEBLANC ET M. LEBLANC

## Choix des sites

- Selon les pratiques habituelles du producteur
- Sans égard à la constitution en légumineuses ou en graminées
- 2 à 3 ans d'âge en moyenne
- Avec ou sans apports d'engrais de ferme
- Avec ou sans apport d'engrais de démarrage

**Schéma 1 : Emplacement des 3 blocs de 3 parcelles avec démarrage**

**Avec démarrage**  
ON, D, D+40N, D+80N, D+120N,

**Schéma 2 : Emplacement des 3 blocs de 3 parcelles sans démarrage**

**Sans démarrage**  
ON, 40N, 80N, 120N, 160N

## Délimitation des parcelles en post levée

**Schéma 1 : Emplacement des 3 blocs de 3 parcelles avec démarrage**

**Avec démarrage**  
ON, D, D+40N, D+80N, D+120N,

**Schéma 2 : Emplacement des 3 blocs de 3 parcelles sans démarrage**

**Sans démarrage**  
ON, 40N, 80N, 120N, 160N

- Parcelles de 4 rangs de 10 ou 12 m de long
- Nitrate dans le sol en post levée, stade 5 à 6 feuilles (fin juin, début juillet)
- Épandage des engrais en post levée avec un équipement mobile fourni par le Réseau de lutte intégrée de Bellechasse

## Récolte

- À la main : 2 rangs de 4 m par parcelle
- Épis et tiges pesés et battus à la ferme expérimentale de Saint-Lambert-de-Lauzon
- Teneur en eau 2012 et 2013
- Teneur en N et nitrate 2013
  - Nitrate principalement présent dans les tiges et quelque peu dans le maïs-épi



## Analyses de sol

No site	pH eau	mg/kg										Classe texturale
		M.O. %	P	K	Ca	Mg	Al	Cu	Zn	P/Al %		
1	5.5	2.6	98	242	853	145	1045	6.0	3.8	9	loam sableux grossier	
2	6.2	6.5	145	108	1844	115	1250	3.1	10.5	12	loam sableux fin	
3	6.8	11.6	43	320	4618	143	1025	2.8	2.0	4	argille limoneuse	
4	7.3	7.4	25	316	3786	199	844	3.8	2.2	3	loam limono-argileux	
5	6.6	6.1	140	117	1983	132	786	1.7	4.8	18	loam sableux fin	
6	6.1	4.5	120	72	1470	83	1189	1.8	3.4	10	loam sableux fin	
7	6.1	4.7	50	195	1765	394	733	3.6	5.5	7	loam limono-argileux	
8	7.0	7.6	111	187	3357	164	698	4.9	8.6	16	loam sableux grossier	
9	5.7	8.7	54	100	1610	130	1589	3.0	6.6	3	loam sableux fin	
10	6.6	7.2	60	95	1758	145	899	2.9	9.8	7	loam sableux fin	
11	6.0	4.9	231	373	1818	137	1018	1.3	5.5	23	loam sablo-argileux	
12	5.7	5.1	25	138	1337	61	927	1.1	2.0	3	loam sablo-argileux	
13	5.0	8.1	31	250	736	123	1802	2.4	4.1	2	argille	
14	6.5	6.5	96	183	1848	148	700	15.4	3.4	14	loam sableux grossier	



## Apports en N provenant des engrais de ferme et du démarreur

No site	Culture	UTM	Engrais de ferme automne kg N/ha	Engrais de ferme printemps kg N/ha	Démarreur kg N/ha	N total épandu kg N/ha	N dispo. GREF 2013 kg N/ha	N non utilisé kg N/ha
1	maïs-ensilage	2300	93 lisier bovin laitier	96 lisier bovin laitier		189	79	110
2	maïs-ensilage	2175		97 lisier bovin laitier		97	49	49
3	maïs-ensilage	2400	129 fumier bovin laitier	128 lisier porc		257	118	139
4	maïs-ensilage	2400	18 purin bovin			18	6	12
5	maïs-ensilage	2400	27 fumier bovin	100 lisier bovin	25	152	84	68
6	maïs-ensilage	2400	57 lisier bovin laitier	65 lisier bovin laitier	28	150	79	71
7	maïs-ensilage	2350	203 lisier bovin			203	67	136
8	maïs-ensilage	2350	48 lisiers bovin-porc	81 lisiers bovin-porc		129	60	69
9	maïs-ensilage	2300	90 lisiers bovin-porc	143 lisiers bovin-porc		233	108	125
10	maïs-ensilage	2175	12 lisier bovin	117 lisier porc	16	145	89	56
11	maïs-grain	2325		278 fumier poulet		278	167	111
12	maïs-grain	2350	75 lisier bovin-porc	150 lisier bovin-porc	40	265	147	118
13	maïs-grain	2350	163 lisier porc	249 lisier porc		412	202	210
14	maïs-grain	2250		146 lisier bovin laitier		146	73	73

2 sites <100 -50 -50  
 6 sites 100-200 50-85 50-110  
 6 sites >200 >85 >110



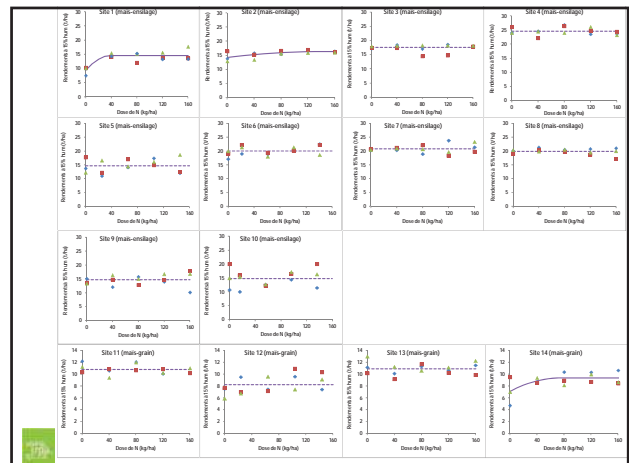
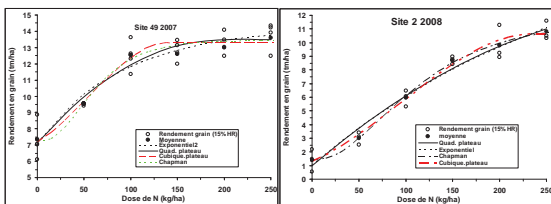
## Conditions climatiques 2012-2013 en Chaudières-Appalaches

Mois	Température (°C)		Précipitations (mm)	
	2012	2013	2012	2013
Mai	13,2	12,3	132	200
Juin	17,5	15,1	176	128
Juillet	20,3	20,5	33	127
Août	20,0	18,1	99	123
Septembre	14,2	13,4	95	100
Octobre	8,3	8,2	131	83
Novembre	-0,7	0,0	19	77
	13,3	12,5	685	839



## Effet de la dose de N sur le rendement après un retour de prairie

Exemple de courbes de réponse dans une rotation maïs-soya (N'Dayegamiye et al.)



### Effet de la dose de N sur le rendement après un retour de prairie

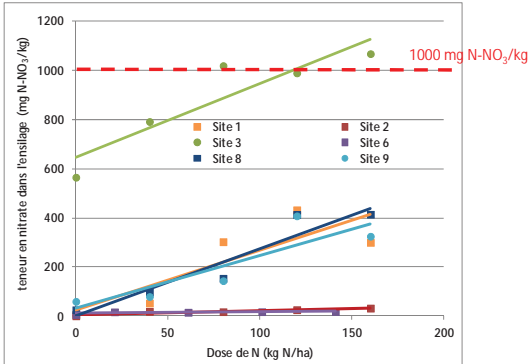
No site	Partie récoltée	Rendement moyen 15% hum. tm/ha	Effet de la dose N Pr. > F	0 N vs dose N ou démarrreur Pr. > t	Dose optimale kg N/ha
1	Mais-ensilage	13.5	0.004	0.00	37
2	Mais-ensilage	15.6	0.07	0.03	64
3	Mais-ensilage	17.5	n.s.	n.s.	
4	Mais-ensilage	24.6	n.s.	n.s.	
5	Mais-ensilage	14.7	n.s.	n.s.	
6	Mais-ensilage	20.0	n.s.	n.s.	
7	Mais-ensilage	20.8	n.s.	n.s.	
8	Mais-ensilage	19.9	n.s.	n.s.	
9	Mais-ensilage	14.7	n.s.	n.s.	
10	Mais-ensilage	8.2	n.s.	n.s.	
11	Mais-grain	10.8	n.s.	n.s.	
12	Mais-grain	10.9	n.s.	n.s.	
13	Mais-grain	14.5	n.s.	n.s.	
14	Mais-grain	8.8	n.s.	0.03	65

### Effet de la dose de N sur le rendement après un retour de prairie

No site	Dose optimale kg N/ha	Année	Classe texturale	M.O. %	N-NO <sub>3</sub> pré- semis mg/kg	N-NO <sub>3</sub> post- levée mg/kg	N dispo (fumier et démarrage) kg N/ha	Engrais de ferme Printemps
1	37	2013	loam sableux grossier	2.6	11	16	79	lisier bovin laitier
2	64	2013	loam sableux fin	6.5	25	23	49	lisier bovin laitier
3		2013	argile limoneuse	11.6	-	79	118	lisier porc
4		2012	loam limono-argileux	7.4	29	40	6	aucun
5		2012	loam sableux fin	6.1	-	53	25	84 lisier bovin
6		2013	loam sableux fin	4.5	23	24	28	79 lisier bovin laitier
7		2012	loam limono-argileux	4.7	24	26	67	aucun
8		2013	loam sableux grossier	7.6	19	42	60	lisier's bovin-porc
9		2013	loam sableux fin	8.7	-	19	108	lisier's bovin-porc
10		2012	loam sableux fin	7.2	-	21	16	89 lisier porc
11		2013	loam sablo-argileux	4.9	-	64	167	fumier poulet
12		2012	loam sablo-argileux	5.1	-	35	40	147 lisier bovin-porc
13		2012	argile	8.1	-	88	202	lisier porc
14	65	2013	loam sableux grossier	6.5	22	140	73	lisier bovin laitier

15, 80, 243 mg/kg

### Nuisance et toxicité du nitrate dans l'ensilage (Bagg, OMAFRA)



### Conclusions

- Un seul site (1) démontrait une réponse claire (*Prob. F* = 0,004) à des besoins en N supplémentaire:
  - 40 – 70 kg N/ha : Rendement et exportation en N (protéines)
  - Faible teneur en M.O. dans le sol: 2,6 % (< 4%)
  - Faible teneur en N-NO<sub>3</sub> dans le sol:
    - 11 mg/kg en pré-semis
    - 16 mg/kg en post-levée (< 20 mg/kg)
- Les deux autres sites (2 et 14), la réponse est moins claire
  - Effet de la dose non significative (*Prob. F* > 0,05), mais effet significatif p/r à la dose 0N (*Prob. F* < 0,05)
    - teneur en N-NO<sub>3</sub> dans le sol diminue:
      - 25 mg/kg en pré-semis
      - 23 mg/kg en post-levée (< 20 mg/kg)
  - Lisier de bovin laitier moins prévisible?
  - Variabilité sur le terrain (de l'épandage?)
  - 2013 > pluie, plus de pertes et de réponses en loam sableux grossier?

### Conclusions

- Les risques de contamination de l'ensilage par le nitrate (NO<sub>3</sub>) existent
  - Risque mesuré en année pluvieuse (2013), serait pire en année sèche
- Pour le maïs sur retour de prairie, recommander un démarrage (30 kg N/ha) :
  - Dans le cas des sols dont la teneur en M.O. < 5%.
  - Lorsque les teneurs en nitrate en post levée < 20 mg/kg
  - Dans les autres cas, la réponse n'est pas très claire et les probabilités de réponses sont relativement faibles

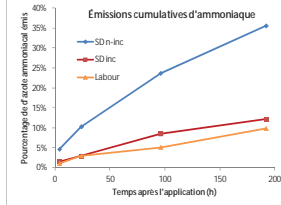
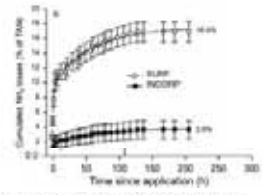
### Incorporation rapide des lisiers

- En réduisant les pertes ammoniacales, on devrait augmenter la valeur fertilisante des lisiers
- Incorporation en moins d'une heure : CEN global du lisier de porc devient 18% plus efficace; il passe de 0,59 à 0,77 (Chapitre 10, GREF, 2013)
- Réduit également les odeurs et les pertes environnementales de N et de P.



Photos : CFB, Agrinova, IRDA

### Émissions ammoniacales suite à différents modes d'épandage et d'incorporation du lisier de porcs



Ammonia volatilisation and soil nitrogen dynamics following fall application of pig slurry on Canada crop-rotation

Émissions ammoniacales sous l'effet de l'incorporation rapide des lisiers épandus au printemps sur sols en semis direct et labourés

Matthieu Girard, M. Bédier, M.-O. Gasser, M.-H. Perron. 2014

### Choix des sites

- Avec ou sans apport d'engrais de démarrage

Schéma 1 : Emplacement des 3 blocs de parcelles

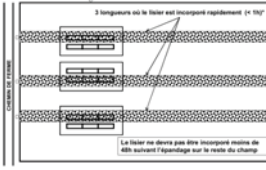
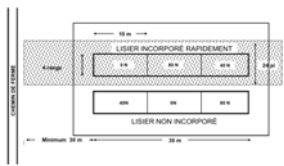


Schéma 2 : Les 6 parcelles fertilisées en post levée à l'intérieur d'un bloc de répétition



### Analyses de sol

No site	pH eau	M.O. %	P %	K	Ca	Mg mg/kg	Al mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	P/Al %	Classe texturale
1	5,9	7,1	53	208	2247	231	909	4,3	4,8	6	argile limoneuse
2	6,5	6,1	65	84	1860	47	1180	4,7	4,1	6	loam sablo-argileux
3	6,0	20,3	58	117	3526	129	1015	7,1	11,8	6	loam argileux
4	5,3	6,6	51	188	825	164	1484	3,1	4,4	3	loam argileux
5	6,3	7,0	157	249	1739	146	1166	20,8	19,8	13	loam sableux grossier
6	6,6	10,1	71	451	3721	133	1264	2,4	4,3	6	loam argileux
7	6,9	5,9	158	63	2346	94	896	6,9	16,2	18	loam sablo-argileux fin
8	5,9	2,6	28	101	829	125	1105			3	loam limoneux argileux

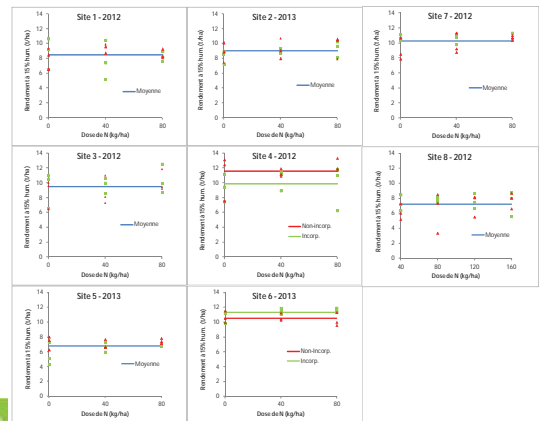
### Apports en N provenant des engrais de ferme et du démarreur

No site	Culture	UTM	Engrais de ferme automne kg N/ha	Engrais de ferme printemps kg N/ha	Démarreur kg N/ha	N total épandu kg N/ha	N dispo. GREF 2013	N dispo. GREF 2003
1	maïs-grain	2100		172 lisier porc	31	203	132	110
2	maïs-grain	2275		141 lisier porc	27	168	110	92
3	maïs-grain	2200		145 lisier porc	26	171	112	93
4	maïs-grain	2350	163	lisier porc	0	412	202	168
5	maïs-grain	2400		130 lisier bovin laitier	0	130	65	50
6	maïs-grain	2475		259 lisier porc	0	259	153	119
7	maïs-grain	2350		68 lisier porc	36	104	76	67
8	maïs-grain	2250		391 lisier porc	0	391	231	180

2 sites <150 <100 <90  
 3 sites 150-250 100-150 90-110  
 3 sites >250 >150 >110

### Effet de la dose de N et l'incorporation rapide sur le rendement

No site	Partie récoltée	Rendement moyen 15% HR tm/ha	Effet de l'incorporation Pr > F	Effet de la dose N Pr > F	Incorporation x dose N Pr > F	N dispo. GREF 2013 kg N/ha
1	Mais-grain	8,4	n.s.	n.s.	n.s.	132
2	Mais-grain	9,0	n.s.	n.s.	n.s.	110
3	Mais-grain	9,5	n.s.	n.s.	n.s.	112
4	Mais-grain	10,7	0,05	n.s.	n.s.	202
5	Mais-grain	6,8	n.s.	n.s.	n.s.	65
6	Mais-grain	10,9	0,09	n.s.	n.s.	153
7	Mais-grain	10,3	n.s.	n.s.	n.s.	76
8	Mais-grain	7,2	n.s.	n.s.	n.s.	231



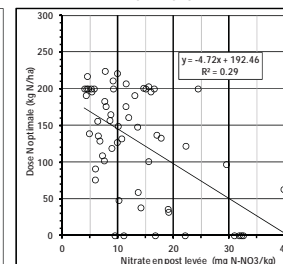
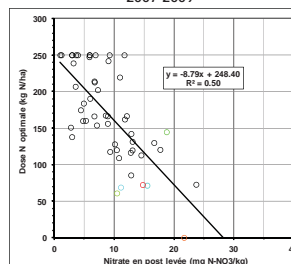
### Effet de la dose de N sur le rendement après un retour de prairie

No site	Classe texturale	M.O.	N-NO <sub>3</sub> pré-semis	N-NO <sub>3</sub> post-lévé	Démarreur	N dispo (fumier et démarreur)	Engrais de ferme Printemps
		%	mg/kg		kg N/ha		
1	argile limoneuse	7,1	14	34	31	132	lisier porc
2	loam sablo-argileux	6,1	9	47	27	110	lisier porc
3	loam argileux	20,3	27	66	26	112	lisier porc
4	loam argileux	6,6		48	0	202	lisier porc
5	loam sableux grossier	7,0	20	13	0	65	lisier bovin laitier
6	loam argileux	10,1	18	34	0	153	lisier porc
7	loam sablo-argileux fin	5,9	12	24	36	76	lisier porc
8	Loam lim. argileux	2,6	10	19	0	231	lisier porc

### Dose EON en fonction de la teneur en nitrate en post levée (PSNT) sans apport d'engrais organiques

N'Dayegamiye et al., 2007-2009

Michaud, A. et al., 2012-2013



Montréal E. et O., Lanaudière, Nicolet, C.-A.

Montréal E. et O.

### MOS, teneur en nitrate (PSNT) et dose EON en post levée dans le maïs

Percentile	Sans apports d'effluents d'élevage		Avec effluents d'élevage
	Michaud 2012-2013	N'dayegamiye 2007-2009	Gasser 2012-2013
MOS (%)			
25 <sup>e</sup>	3	2	6
50 <sup>e</sup>	4	3	7
75 <sup>e</sup>	6	4	8
Nitrate en post levée (mg/kg)			
25 <sup>e</sup>	7	6	22
50 <sup>e</sup>	10	9	31
75 <sup>e</sup>	16	12	45
Dose EON en post levée (kg/ha)			
25 <sup>e</sup>	80	70	0
50 <sup>e</sup>	144	116	0
75 <sup>e</sup>	200	190	28

### Conclusions sur la fertilisation azotée du maïs en C.-A.

- Aucune réponse significative à l'apport de N (sauf 1 site / 14+8)
  - Teneur élevée en MOS (> 5%) en C-A (effets des prairies, labour moins profond, etc.)
  - Arrière-effets des effluents d'élevage plus importants que prévus
  - Teneur en nitrate dans les sols en post levée (PSNT) devrait servir d'indicateur pour les sols déficients (< 20 mg/kg)
- Ces résultats justifient les coefficients d'efficacité fertilisante des engrais organiques plus élevés ainsi que les arrière-effets proposés (GREF 2013). Surtout dans les sols avec des teneurs élevées en MOS.
- Hypothèses pour les quelques sites avec faible réponse:
  - Sols sableux et précipitations plus abondantes en 2013 ?
  - CEN des lisiers de bovins laitiers ? Peuvent être précisés en tenant compte leur C/N.
  - Variabilité engendrée par les épandages de lisier (maïs CV relativement faibles)

### Remerciements:

#### Organismes subventionnaires:

Ce projet a été réalisé en vertu du programme Prime-Vert, sous-volet 8.4, et bénéficie d'une aide financière provenant du Fonds vert du gouvernement du Québec et administrée par le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.



#### Les partenaires:

##### Clubs conseils et Producteurs participants

Catherine Bossé, CCFB Nadine Labrecque, CCFB Marc Beaujeu, GCACS

Association des Conseillers et Conseillères en Agroenvironnement de Chaudière-Appalaches Inc.

#### Collaborateurs:

Stéphane Martel, Agrinova Louis Robert, MAPAQ Marie-Hélène Perron, IRDA

#### Équipe technique:

Marie-Hélène Perron, IRDA Caroline Dufour-L'Arrivée, IRDA Michel Lemieux et l'Équipe des ouvriers de l'IRDA

