

**Fertilisation NPK à long terme  
en grandes cultures :  
cas de Saint-Bruno-de-Montarville**

**Gilles Tremblay  
CÉROM**

 CÉROM

**Objectif de l'essai**

**Validation à long terme des  
recommandations des grilles de  
fertilisation du CRAAQ sur un sol lourd  
pour une rotation typique en grandes  
cultures dans la région de Montréal**

 CÉROM

## Caractéristiques de l'essai

Saint-Bruno-de-Montarville 2800-2900 UTM

Loam argileux de type Sainte-Rosalie

De 1998 à 2005

Rotation BSMM BSMM

Régie conventionnelle

## Caractéristiques du sol en 1998

Loam argileux de type Sainte-Rosalie

M.O. = 4,6 %

$P_{M3}$  = 140 kg/ha

$Al_{M3}$  = 880 kg/ha

P/Al = 15,9 %

$K_{M3}$  = 680 kg/ha

pH eau = 7,3

## Description de la Régie

Semoirs commerciaux

Blé et soya : rangs de 18 cm

Maïs : rangs de 76 cm

Blé : 425 plants/m<sup>2</sup>

Soya : 450 000 plants/ha

Maïs : 70 000 plants/ha

## Fertilisation

Blé et soya : application à la volée et incorporée avant le semis.

Fractionnement du N pour le blé.

Maïs: NPK au démarreur (40N) avec le semoir et le reste de l'azote au stade six feuilles incorporé en bandes sous forme de nitrate.

## Dispositif expérimental

Blocs complets aléatoires

4 répétitions

11 traitements

Parcelles de 3m x 21m

Rendements en grains

Fertilité du sol

CÉROM

BLÉ	N	P2O5	K2O
T1	0	0	0
T2	0	CRAAQ=30	CRAAQ=0
T3	60	CRAAQ=30	CRAAQ=0
T4	90	CRAAQ=30	CRAAQ=0
T5	120	CRAAQ=30	CRAAQ=0
T6	CRAAQ=90	0	CRAAQ=0
T7	CRAAQ=90	30	CRAAQ=0
T8	CRAAQ=90	60	CRAAQ=0
T9	CRAAQ=90	CRAAQ=30	0
T10	CRAAQ=90	CRAAQ=30	30
T11	CRAAQ=90	CRAAQ=30	60

CÉROM

SOYA			
	N	P2O5	K2O
T1	0	0	0
T2	0	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T3	30	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T4	60	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T5	90	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T6	CRAAQ=0	0	CRAAQ=0
T7	CRAAQ=0	30	CRAAQ=0
T8	CRAAQ=0	60	CRAAQ=0
T9	CRAAQ=0	CRAAQ=40	0
T10	CRAAQ=0	CRAAQ=40	30
T11	CRAAQ=0	CRAAQ=40	60

CEROM

MAÏS			
	N	P2O5	K2O
T1	0	0	0
T2	0	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T3	120	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T4	160	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T5	200	CRAAQ=40	CRAAQ=0
T6	CRAAQ=160	0	CRAAQ=0
T7	CRAAQ=160	30	CRAAQ=0
T8	CRAAQ=160	60	CRAAQ=0
T9	CRAAQ=160	CRAAQ=40	0
T10	CRAAQ=160	CRAAQ=40	30
T11	CRAAQ=160	CRAAQ=40	60

CEROM

## Saint-Bruno-de-Montarville - UTM

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	N
Mai	605	544	232	280	102	214	224	201	275
Juin	685	749	600	710	611	651	621	736	639
Juillet	781	828	754	746	804	808	803	800	781
Août	757	735	750	800	773	799	710	787	729
Septembre	545	603	455	583	599	599	540	610	467
Octobre	31	31	0	289	172	123	43	228	129
Saison	3439	3490	2791	3408	3061	3194	2941	3362	3020

CÉROM

## Rendements - 1<sup>e</sup> cycle de rotation

	d.l.	1998		1999		2000		2001	
Modèle	13	38,17	**	154,2	**	875,0	**	4589	**
Bloc	3	11,49		481,6	**	867,1	**	3332	**
T	10	46,17	**	56,0	**	877,3	**	4966	**
N	1	78,81	**	23,4		398,9		1705	
NL	1	82,50	**	19,3		6,9		72	
NQ	1	6,20		180,4	**	2348,6	**	8578	**
P	1	0,10		0,1		0,0		358	
PL	1	0,90		5,8		77,4		76	
PQ	1	1,00		13,0		237,4		517	
K	1	0,42		14,4		175,4		1	
KL	1	1,60		71,6	*	501,0		66	
KQ	1	10,01		50,1		150,7		156	

CÉROM

## Rendements - 2<sup>e</sup> cycle de rotation

	d.l.	<u>2002</u>		<u>2003</u>		<u>2004</u>		<u>2005</u>	
Modèle	13	1351	**	159,7	**	2759	**	29507	**
Bloc	3	120	*	465,5	**	993		2486	**
T	10	1720	**	68,0		3289	**	37613	**
N	1	6229	**	205,3	*	8416	**	15925	**
NL	1	4940	**	75,6		7076	**	12834	**
NQ	1	1275	**	140,1		4296	*	41764	**
P	1	3,7		8,1		26,7		16	
PL	1	6,5		35,4		20,1		0	
PQ	1	0,3		21,1		6,6		75	
K	1	1,8		42,4		1572		59	
KL	1	1,1		76,5		996,2		34	
KQ	1	21,0		7,5		586,5		28	

CEROM

## P et K disponibles en 2005 (0-20 cm)

	d.l.	<u>PM3</u>		<u>KM3</u>	
Modèle	12	149		764	
Bloc	2	113		879	
T	10	157		741	
N	1	4		1965	
NL	1	45		749	
NQ	1	12		2028	
P	1	113		228	
PL	1	468	*	368	
PQ	1	265		9	
K	1	9		774	
KL	1	48		3	
KQ	1	35		3417	*

CEROM

## P disponible en 2005 (0-20 cm)

Effet linéaire de la dose de P

	<u>Dose</u> <u>P205</u>	<u>PM3</u>
	0	89
<b>CRAAQ</b>	<b>30</b>	<b>111</b>
	60	112

CÉROM

## K disponible en 2005 (0-20 cm)

Effet quadratique de la dose de K

	<u>Dose</u> <u>K20</u>	<u>KM3</u>
	0	603
<b>CRAAQ</b>	<b>30</b>	<b>618</b>
	60	590

CÉROM



## Conclusions

**Au terme de 2 cycles (8 ans) d'une rotation en grandes cultures sur un sol lourd**

- Apports de N sont significatifs annuellement sur les rendements du blé et du maïs mais non sur les rendements du soya
- La richesse du sol en P et en K a diminué même pour les doses supérieures aux recommandations du CRAAQ
- Apports de P et de K à court et à long terme n'ont pas permis d'augmenter les rendements



## De l'azote, oui; mais où et combien?

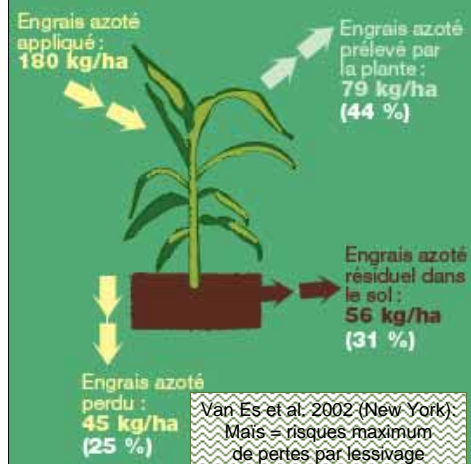
NICOLAS TREMBLAY, PHILIPPE VIGNEAULT,  
MOHAMMED YACINE BOUROUBI et CARL BÉLEC

Canada

## Efficacité d'utilisation de l'azote chez le maïs

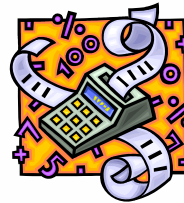
Figure 1: Devenir de l'engrais azoté appliqué dans une culture de maïs-grain.

Adapté de Tran, 1995.



## Pour utiliser l'engrais azoté efficacement (1)

- Essais à la ferme
- Évaluation des crédits d'azote disponibles
  - M.O., résidus
  - Tests de nitrate du sol
- Besoins en saison
  - Lecteur de chlorophylle



3

## Pour utiliser l'engrais azoté efficacement (2)

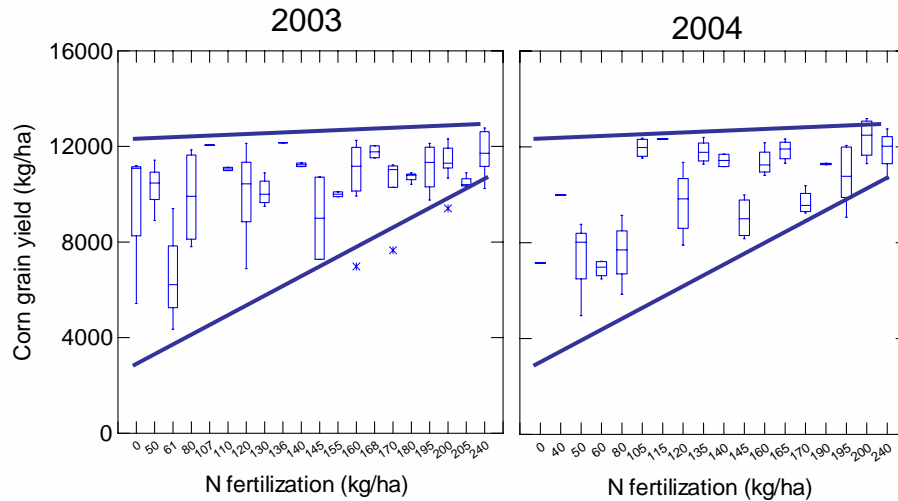
- Appliquer en bandes
- Fractionner
  - Meilleur impact sur prélèvement total de N = stade V8
  - Le N appliqué
    - Au semis va dans les feuilles
    - En post-levée va dans les grains
- Diminuer les doses
  - 27 kg/ha (45 %) inutilisé à dose 60
  - 103 kg/ha (57 %) inutilisé à dose 180



Tran et al. 1997

4

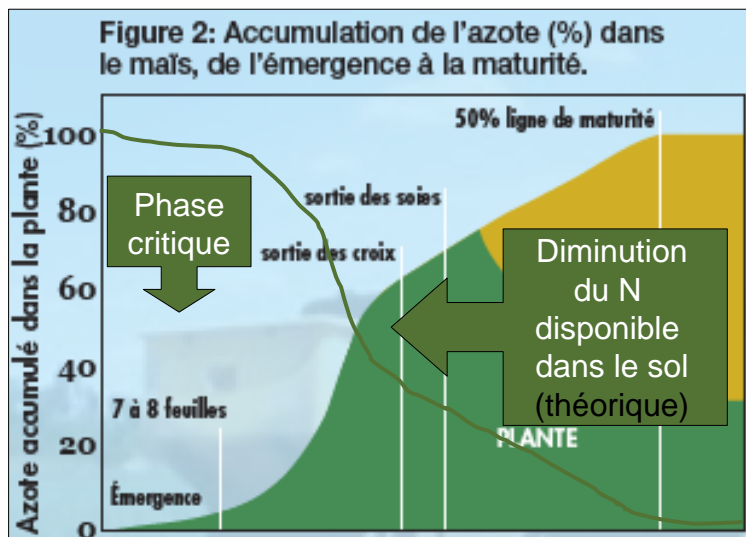
## Azote, rendement et variabilité dans une région



5

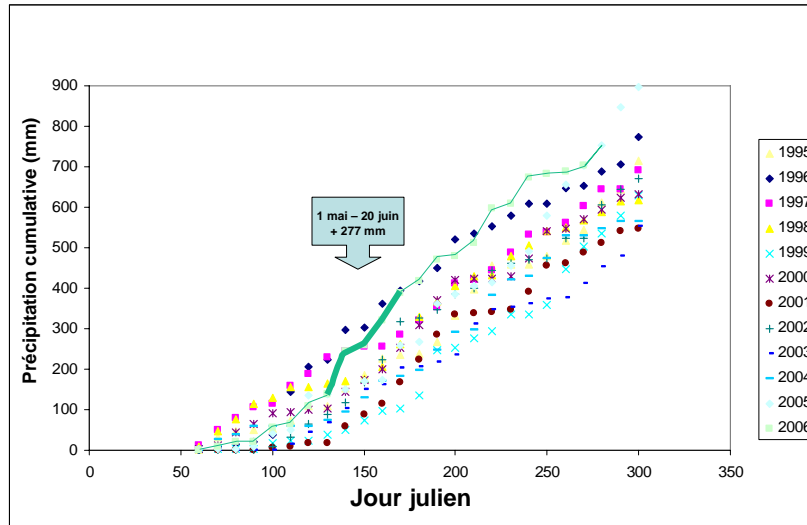
GracieuSeté de Pleine Terre s.e.n.c.

## Le risque de ne pas fractionner

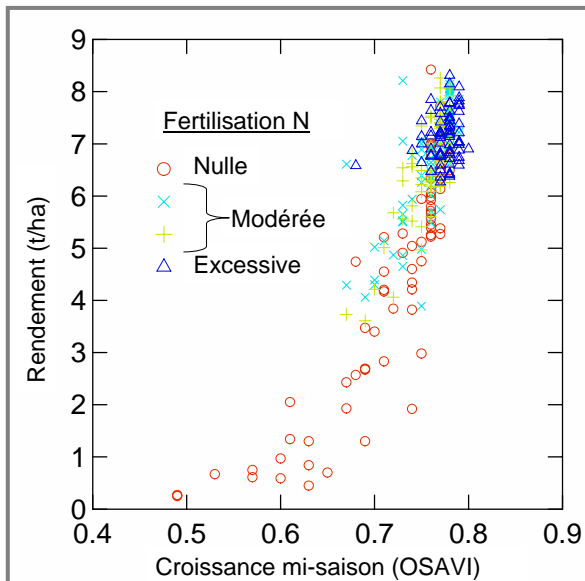


6

## Précipitations (L'Acadie) sur 12 ans



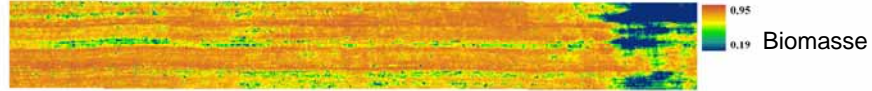
## Azote, rendement et variabilité – intra champ



- N élevé
  - Rdt élevés
  - Uniformité
- N faible
  - Variabilité
  - Rendements élevés possibles
- Mi-saison
  - Montre le potentiel

## Caractéristiques du terrain et doses d'azote

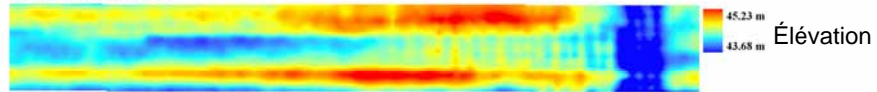
NDVI from CASI



SEC from Veris Sensor



DEM from GPS receiver



N Treatments



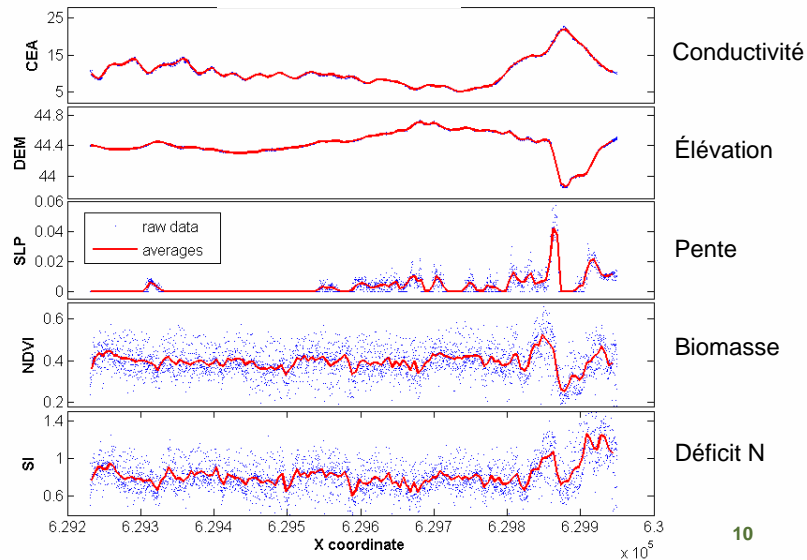
■ Saturated zone (250 kg N/ha)     N Treatments ( X kg N/ha)  
■ Control zone (0 kg N/ha)     Field boundary

0 50 100 200 Meters

9

## Caractéristiques du terrain, croissance et besoins en N du maïs

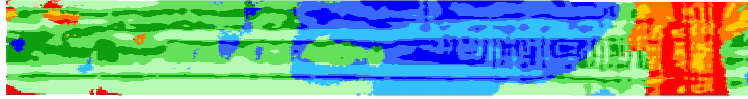
Cas de la bande zéro N



10

## Terrain séparé en 9 catégories selon SEC (conductivité) et SLP (pente)

2005



0 250 500 750 Mètres



2006

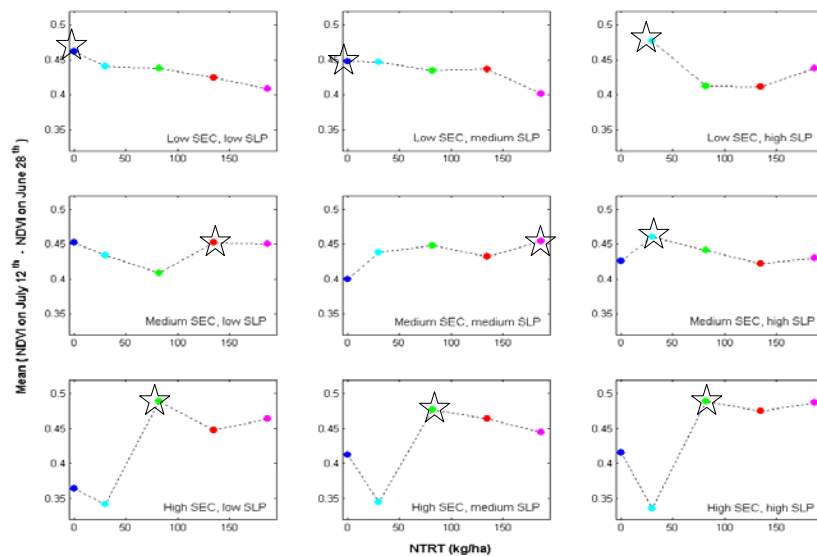


0 250 500 750 Mètres



11

## Doses optimales 2005 selon SEC (conductivité) et SLP (pente)



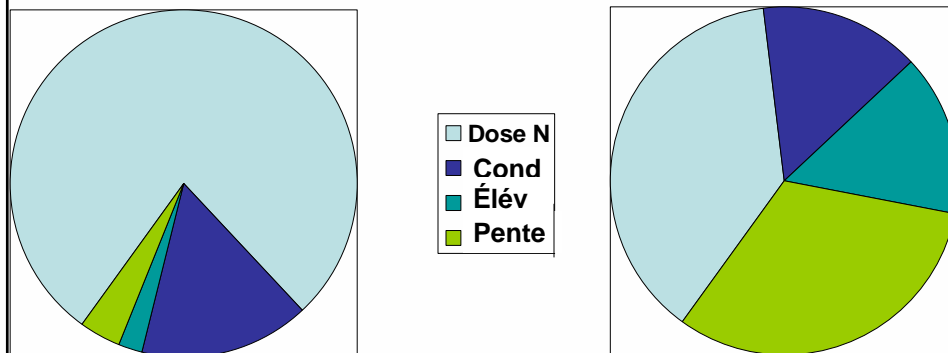
## Doses optimales selon les catégories de terrain

2005	Superficie (ha)	Dose d'azote optimale (kg/ha)	Quantité apportée (kg/zone)
CEA faible, SLP faible	1.31	0	0
CEA faible, SLP moyen	1.37	0	0
CEA faible, SLP élevé	0.34	30	10
CEA moyen, SLP faible	1.71	135	232
CEA moyen, SLP moyen	1.65	187	309
CEA moyen, SLP élevé	0.67	30	20
CEA élevé, SLP faible	0.53	82	44
CEA élevé, SLP moyen	0.78	82	64
CEA élevé, SLP élevé	0.26	82	21
<b>Champ global</b>	<b>8.66</b>	<i>Moyenne : 81</i>	<b>701</b>

- 701 vs 1386 kg (= dose producteur [160 kg/ha]) pour le champ
- 49 % réduction
- 2006
  - 965 vs 1042 kg (dose producteur) pour le champ
  - 7 % réduction

13

## Importance relative des facteurs selon l'année



2005      *L'effet de la saison est majeur*      2006  
*et il doit être intégré à notre stratégie de fertilisation* <sup>14</sup>



## Sommaire

- Nécessité d'améliorer l'efficacité de l'engrais
  - Raisons économiques et environnementales
- Moyens
  - Essais à la ferme et calculs
  - Diagnostic en saison
- Bientôt: Profiter du potentiel naturel d'économie et de productivité qu'offre le terrain
  - Données stables
    - Conductivité électrique, pente
  - Données saisonnières
    - Biomasse et chlorophylle

15

## Pour en savoir plus...

- Résumé de conférence
  - Références dans la liste
- Colloque sur l'azote
  - 28 mars 2007
  - Une initiative conjointe de la Commission chimie et fertilité des sols, du CRAAQ, et de l'OAQ
  - Hôtel Universel Best-Western – Drummondville
  - [www.craaq.qc.ca](http://www.craaq.qc.ca)

16

# Diagnostic de la nutrition azotée du maïs grain

Marianne Brassard  
Noura Ziadi  
Gilles Bélanger  
Léon-Étienne Parent



Agriculture et  
Agroalimentaire Canada

Agriculture and  
Agri-Food Canada

## 1. Introduction

### Outils diagnostiques

- Plantes

- ✓ Plante entière : Indice de nutrition azotée (INA)

*Plénet et Lemaire, 2000*

- ✓ Partie de plante : Lecteur de chlorophylle

*Rashid et al., 2004*

- Sols

- ✓ Test de nitrates du sol

*Magdoff et al., 1990, Zebarth et Paul, 1997*





## Indice de nutrition azotée ( *INA* )

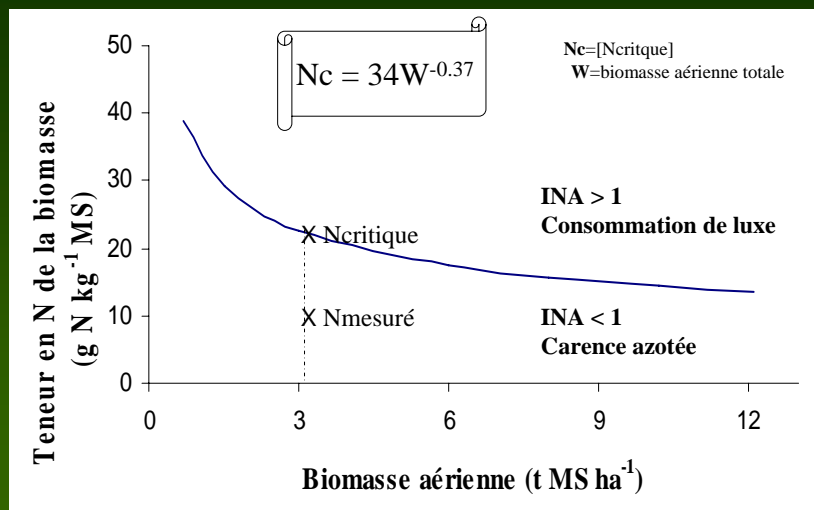
- Information sur le statut nutritif de la plante entière

$$INA = \frac{N_{mesuré}}{N_{critique}}$$

- Basé sur la courbe de la teneur critique en N
- Jamais testé en Amérique du Nord



## Courbe de la teneur critique en N



Principe de la courbe de la teneur critique en N ( $N_c$ )  
Adaptée de Plénet et Lemaire, 2000



## Lecteur de chlorophylle (SPAD 502)



- Testé au Québec Tremblay et al. 2001
  - ✓ Jamais avec mesure de référence comme INA
  - ✓ Valeurs relatives (parcelle saturée)

## Tests de nitrates du sol



- Échantillonnage de sol
  - ✓ Pré-semis ou post-levée
- Valeurs obtenues en post-levée  
Magdoff et al., 1990, Zebarth et Paul, 1997



## 2. Objectifs

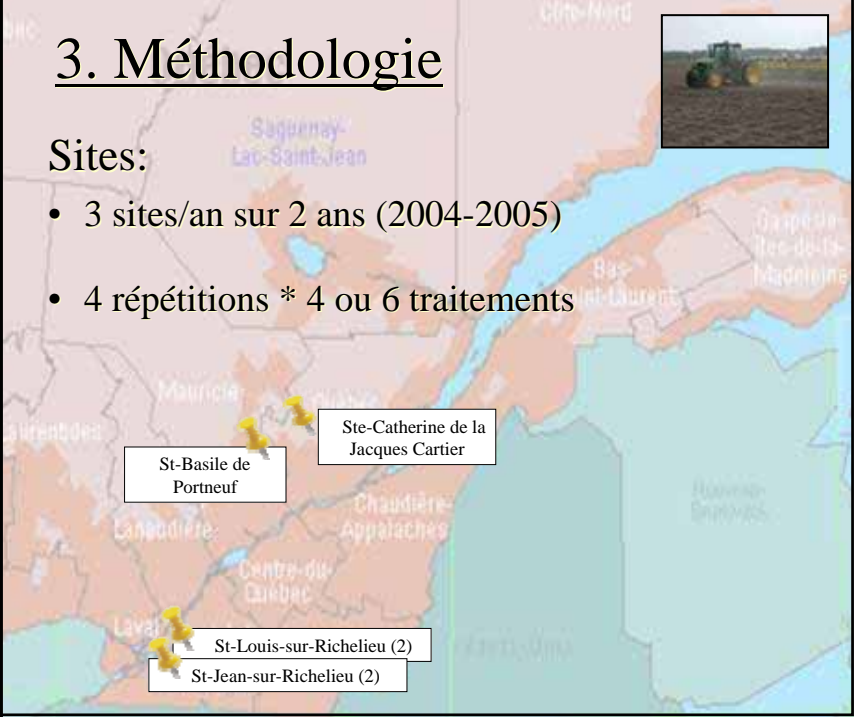
1. Valider le modèle de la teneur critique en N de Plénet et Lemaire (2000)
2. Établir la relation entre l'INA et les mesures du lecteur de chlorophylle
3. Établir la relation entre l'INA et l'azote du sol

### 3. Méthodologie

**Sites:**

- 3 sites/an sur 2 ans (2004-2005)
- 4 répétitions \* 4 ou 6 traitements



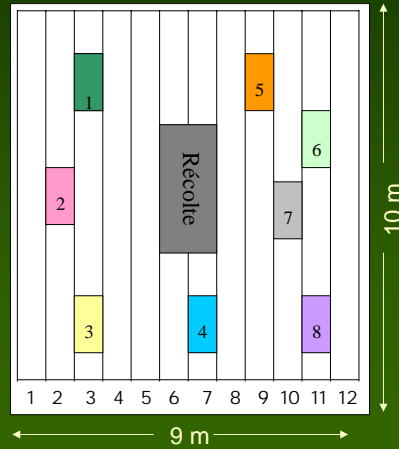
### Traitements:

	4 sites			2 sites				
	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Fractionnement (kg ha <sup>-1</sup> )		Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Fractionnement (kg ha <sup>-1</sup> )		
		Au semis	8 F	2004	2005	Au semis	8 F	
	20	20	0	2004	2005	2004	2005	2004/2005
	50	20	30	20	30	20	30	0
	100	20	80	73	83	20	30	53
	150	20	130	125	135	20	30	105
	200	20	180	178	188	20	30	158
	250	20	230					

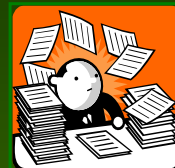


## Prises de données

- ✓ Biomasse aérienne
- ✓ Teneur en azote des plantes
- ✓ Chlorophylle des feuilles
- ✓ Teneur en nitrates du sol (0-15 cm)
- ✓ Rendement final en grain



## 4. Résultats



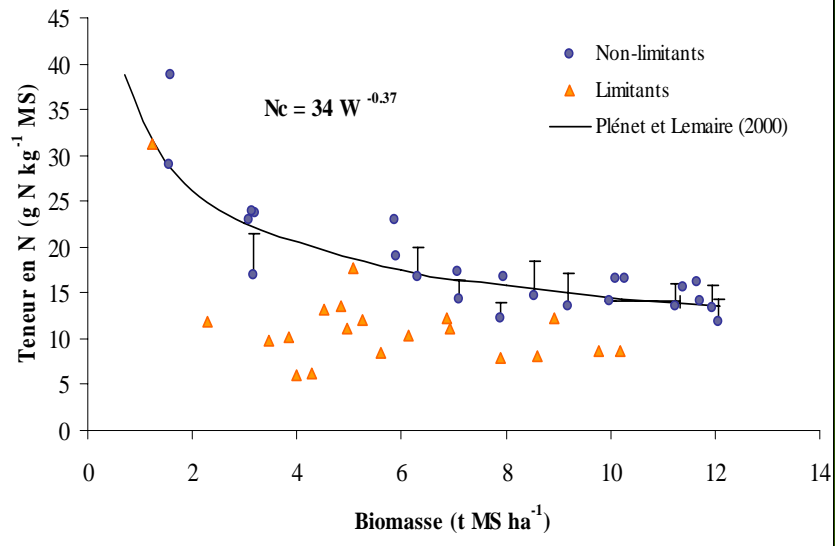


## Choix des doses limitantes et non-limitantes (LSD protégé) pour validation du modèle

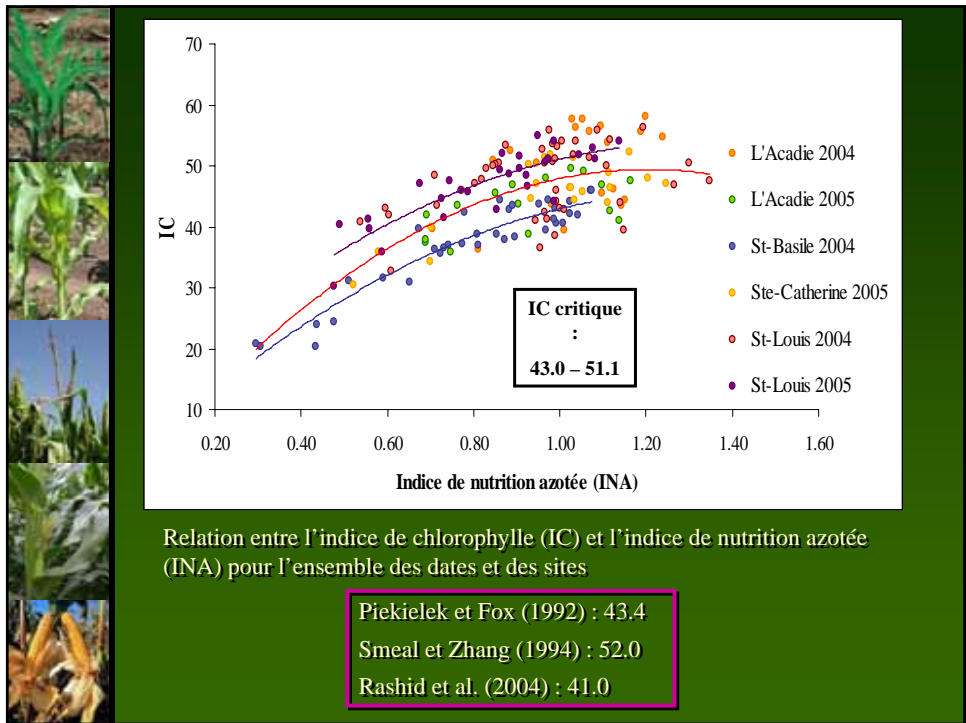
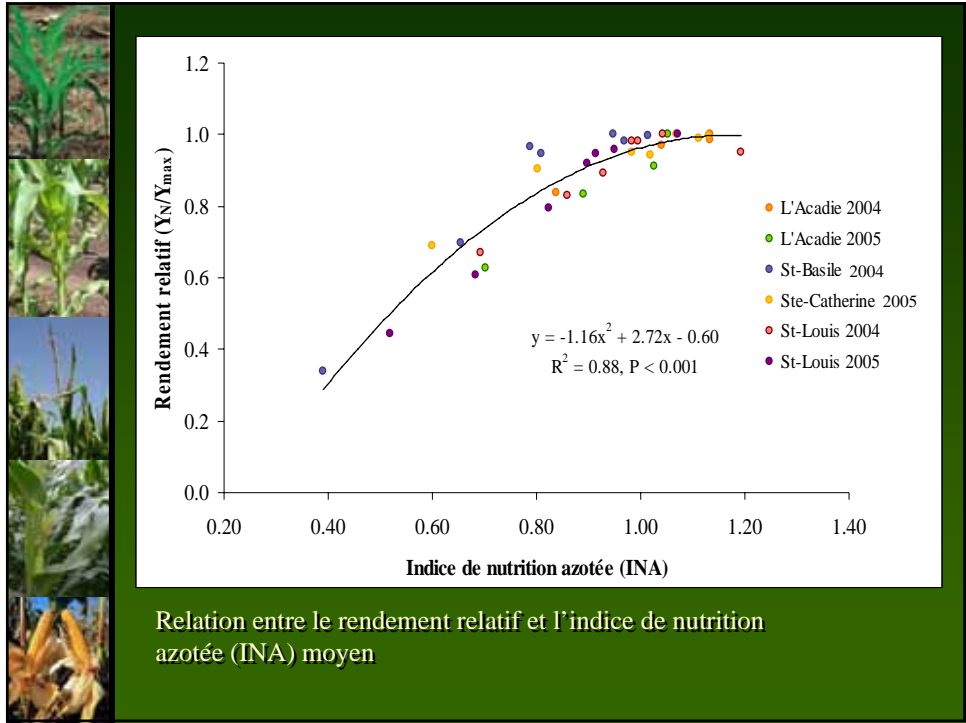
	Biomasses moy (t ha <sup>-1</sup> )	Traitement (kg N/ha)
A	12.07	100
A	11.95	200
A	11.66	250
A	11.25	150
B	10.18	50
B	9.77	20

} Doses non-limitantes  
 } Doses limitantes

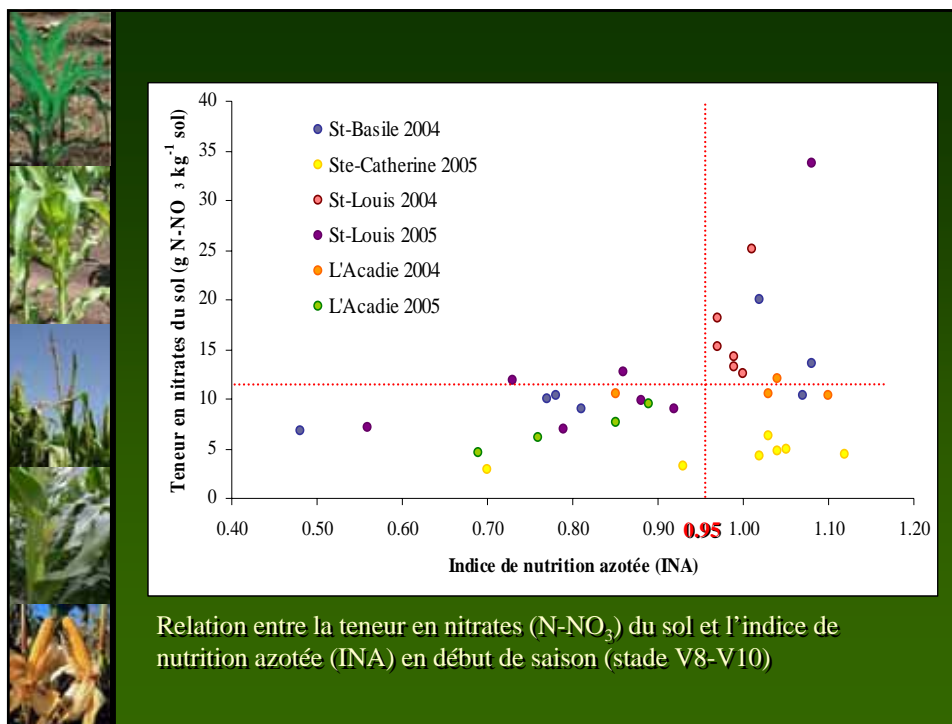
\* Méthode basée sur Greenwood et al. (1990)



Validation de la courbe de la teneur en azote (N) critique de Plénet et Lemaire (2000)







## 5. Conclusions

- ➡ Modèle de la teneur critique en azote de Plénet et Lemaire (2000) est validé au Québec
- ➡ Relation quadratique positive établie entre l'INA et l'IC mais spécifique à chaque site
- ➡ Augmentation du risque d'accumulation de  $\text{N-NO}_3$  dans le sol lorsque l'INA > 0,95

## Impact de l'apport printanier et en post-levée de lisiers déphosphatés sur le rendement en maïs-grain au Québec

G. Parent<sup>1</sup>, G. Bélanger<sup>1</sup>, N. Ziadi<sup>1</sup>, J.-P. Deland<sup>2</sup>, J. Laperrière<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec, Québec

<sup>2</sup>Norsk Hydro Canada Inc., Bécancour, Québec



 Agriculture et Agroalimentaire Canada / Agriculture and Agri-Food Canada





## Problématique

- Production porcine intensive
  - Contenu élevé en P total et soluble du lisier
  - Lessivage du P
  - Eutrophisation
- Réglementation environnementale
  - Réduction des apports de P
  - Plus de terres nécessaires
  - Réduction de l'apport de N
  - Besoin élevé en fertilisants minéraux coûteux



## Traitement du lisier au Mg

- Ajout de Mg (SPEF) au lisier avec brassage (0.5 à 1 g Mg/L)
- Période d'incubation (8 hrs – 14 jrs)
- Phase liquide (70%) et solide (30%)
- Phase liquide déphosphatée valorisée sans brassage
  - ↓ 94 – 100% P-PO<sub>4</sub>
  - ↓ 70 – 90% P total
  - Conservation du N
- Phase solide
  - Terres pauvres en P
  - Déshydratation, compost

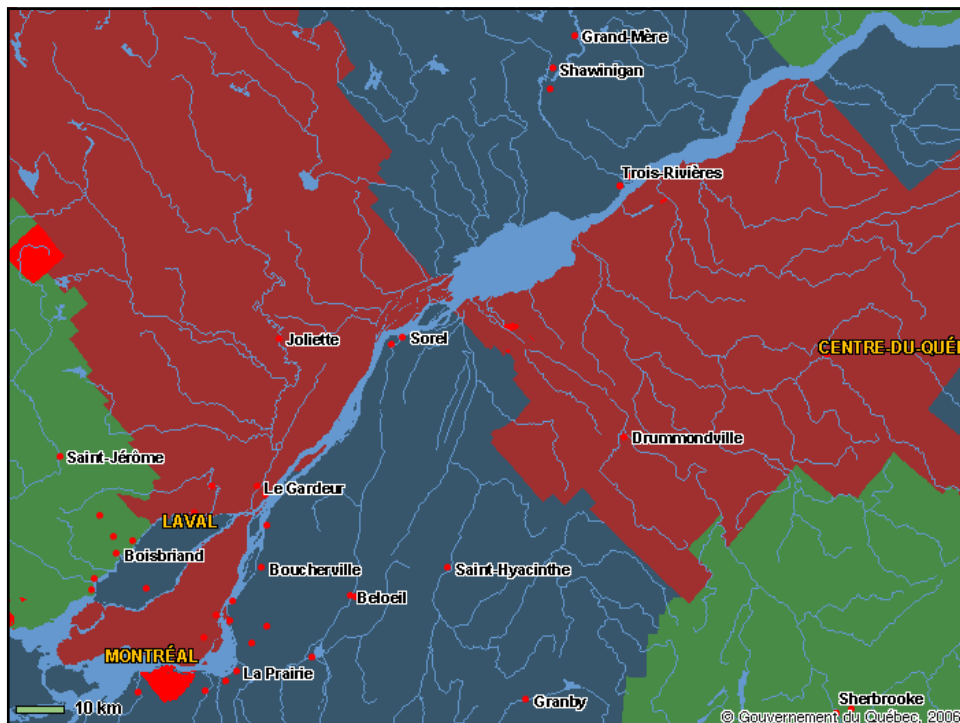


## Objectif

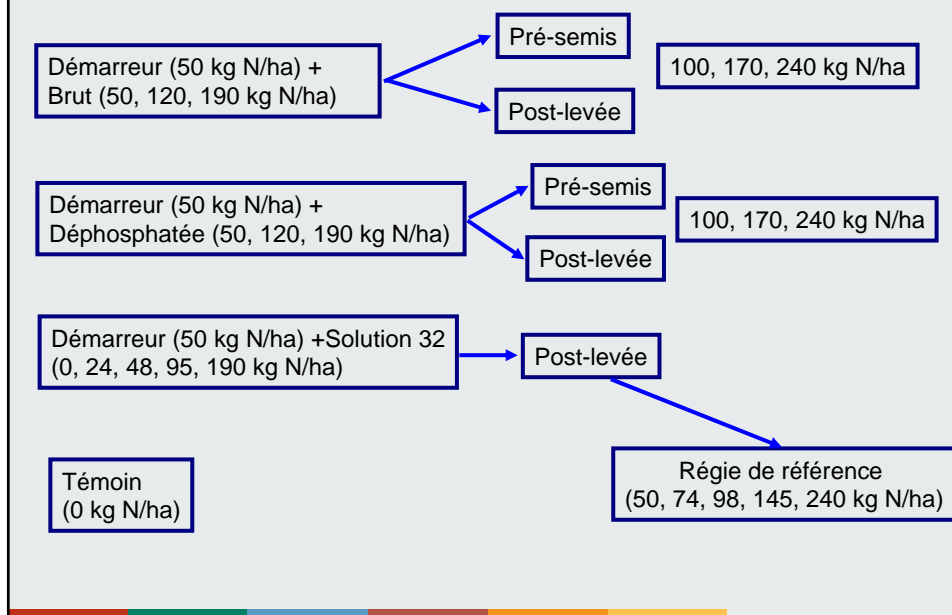
- Déterminer l'impact de la valorisation, en pré-semis et en post-levée, d'un lisier déphosphaté au Mg et d'un lisier brut
  - Rendement en grain du maïs
  - Équivalent fertilisant minéral
  - N minéral résiduel des sols suite à la récolte

## Méthodologie

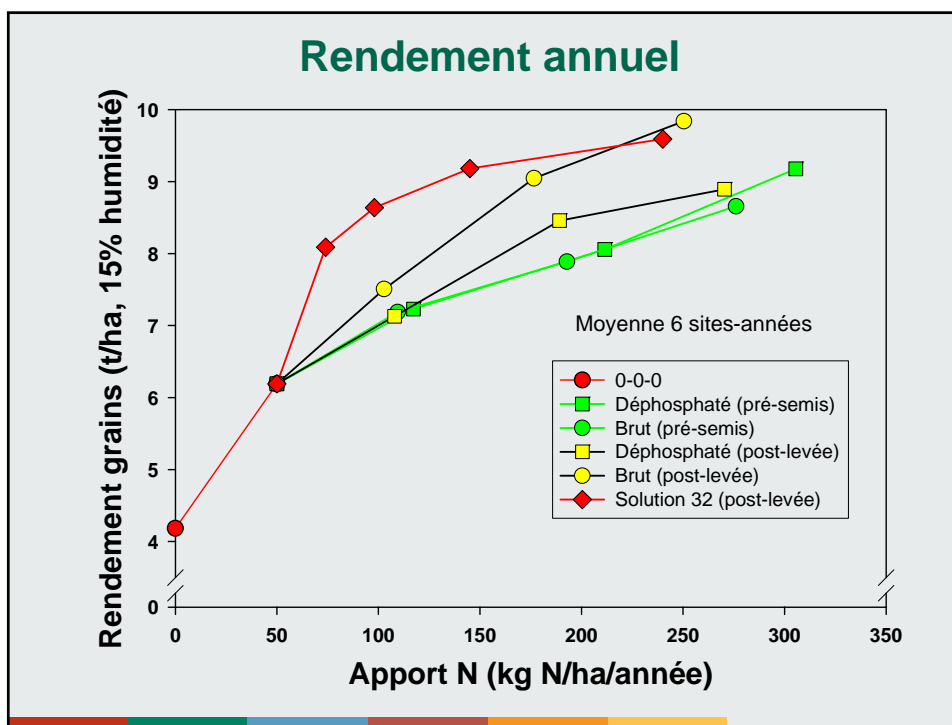
- Sites riches en P ( $P/Al_{M3} > 10$ )
- 6 sites-années (2005 + 2006)
- HL 2222 (2450 UTM)
- Retour de maïs-grain

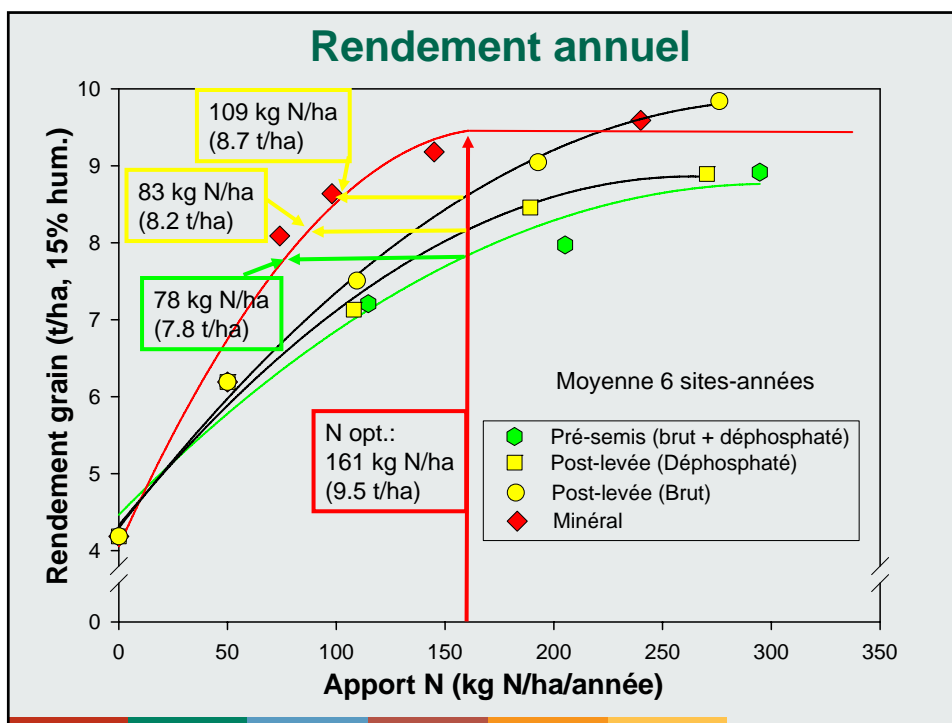


## Description des traitements



## Rendement annuel



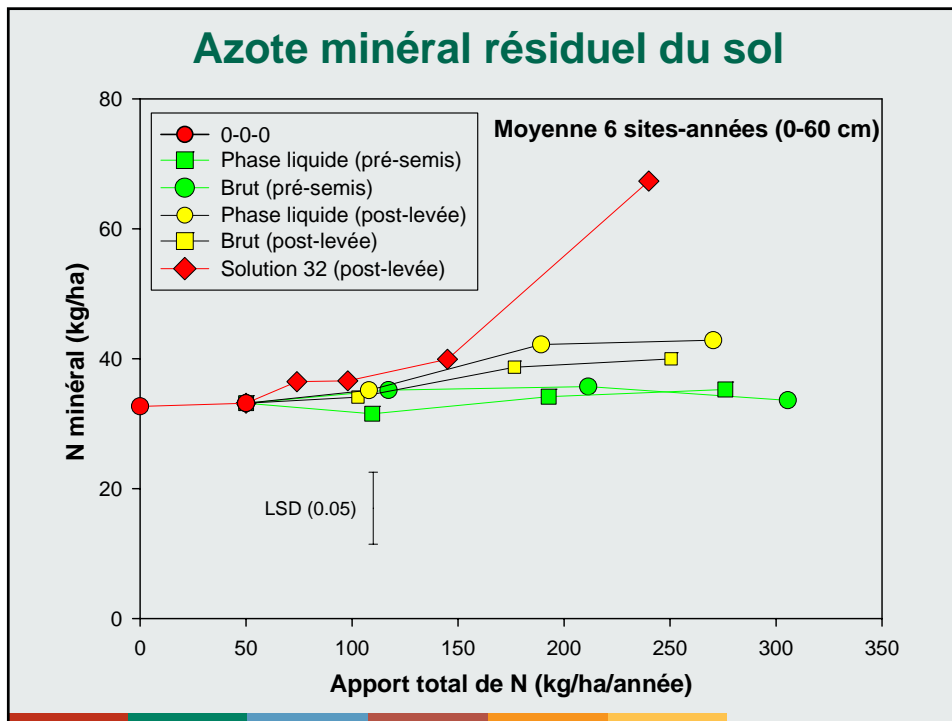


## Disponibilité de l'azote des lisiers porcins

		Équivalent fertilisant minéral	Efficacité du N (Lisier/fert. min.)
Minéral	Solution 32	161	
Pré-semis	Brut + Déphosphaté	78	48%
Post-levée	Brut	109	68%
	Déphosphaté	83	52%

## Que suggère le CRAAQ (2003)

	Pré-semis	Post-levée
<b>Coeff. moyen d'efficacité</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>
<b>Pertes liées au mode d'épandage</b>	÷ 1.00 (1.10)	÷ 1.00
<b>Pertes liées à la date d'épandage</b>	÷ 1.00	÷ 1.00
<b>Total</b>	<b>= 0.60 (0.55)</b>	<b>= 0.60</b>
<b>Notre étude</b>	<b>0.48</b>	<b>Brut : 0.68</b>
		<b>Déphosphaté: 0.52</b>



## Contraintes à la gestion des lisiers en production de maïs

Pré-semis	Post-levée
Compactage du sol	Achat d'une rampe d'épandage
Retard au semis	Efficacité moindre du chantier
Perte d'éléments minéraux ou efficacité moindre	Énergie requise supplémentaire

Post-levée: rendements supérieurs de 10% comparativement au pré-semis.  
 10% de 8.7 t/ha : 0.9 t/ha @160 \$/t = 144 \$/ha

## Conclusions

- **Lisier déphosphaté au Mg:**
  - Efficacité fertilisante similaire au lisier brut en pré-semis mais moindre en post-levée
  - Efficacité fertilisante inférieure aux fertilisants minéraux
  - Facilite le respect des règles environnementales
- **Périodes d'applications**
  - Rendements
    - Post-levée > pré-semis de 10%
    - Revenu supplémentaire: 144\$/ha
  - Efficacité fertilisante
    - Pré-semis: 48%
    - Post-levée: 52% -68%





## Remerciements


- **Fermes participantes:**
  - M. René Bernard (St-Pie)
  - M. Gilles Brisson (St-Jacques)
  - M. Maxime Cyrenne (Bécancour)
  - M. Christian Perriard (St-Théodore-d'Acton)
- **Recherche des sites:**
  - AGEO
  - COGENOR
- **Aide technique:**
  - Norsk Hydro Canada inc
  - Agriculture et Agroalimentaire Canada (Québec)



# **Comparaison entre le labourage et le semi-direct avec l'application du fumier pour la production du maïs-ensilage et soya**

**Joann K. Whalen, Ph.D., agronome  
Département des Sciences des Ressources Naturelles  
Collège Macdonald, Université McGill**

## **Considération en production du maïs**



**Labourage du sol  
Rotations des cultures  
Source d'engrais**

**Est-ce que l'application du fumier bien décomposé dans les deux modes du travail du sol semi-direct et labourage conventionnel peut fournir assez de nutriments pour la production de maïs-ensilage et du soya?**

Nous avons étudié l'effet du compost sur

- le rendement des cultures
- l'agrégation et la quantité de matière organique au sol

### **Protocole expérimental**

- L'expérience a été établie en 2000 à la Ferme du Collège Macdonald, Ste Anne de Bellevue, sur un sol sable-limon.
- Il y a eu deux méthodes de travail du sol : semi-direct et labourage conventionnel (charrue à versoir)
- Trois rotations des cultures : maïs-maïs, maïs-soya, et soya-maïs

## Parcelles expérimentales



## Protocole expérimental

- Quatre traitements fertilisant donnant 45 kg P ha<sup>-1</sup> a chaque parcelle expérimentale :
  - 0 % P du fumier bovin composté
  - 33 % P du fumier bovin composté (15 Mg ha<sup>-1</sup>)
  - 66 % P du fumier bovin composté (30 Mg ha<sup>-1</sup>)
  - 100 % P du fumier bovin composté (45 Mg ha<sup>-1</sup>)
- La balance du N, P et K a été fournie par les engrais inorganiques.
  - Le maïs a reçu 40 kg N ha<sup>-1</sup> par NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> au semis, 130 kg N ha<sup>-1</sup> en bande environ d'un mois après le semis.

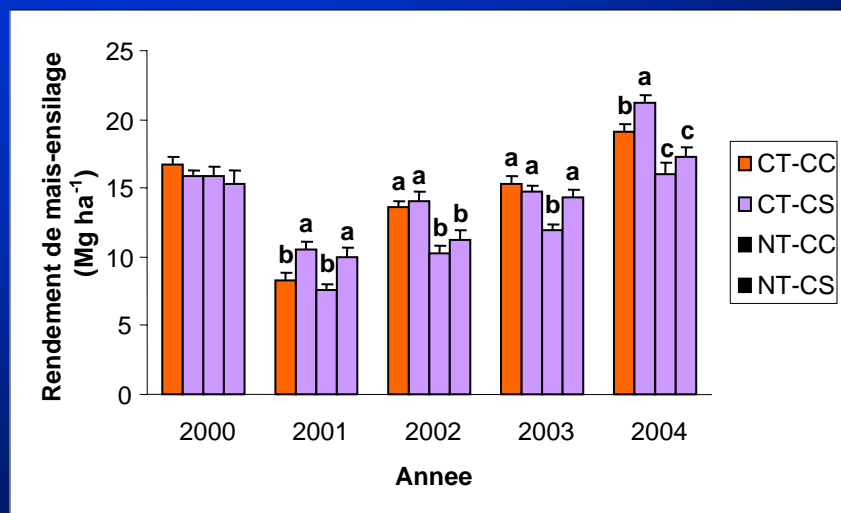
## Avec des engrais inorganiques



## Avec du compost

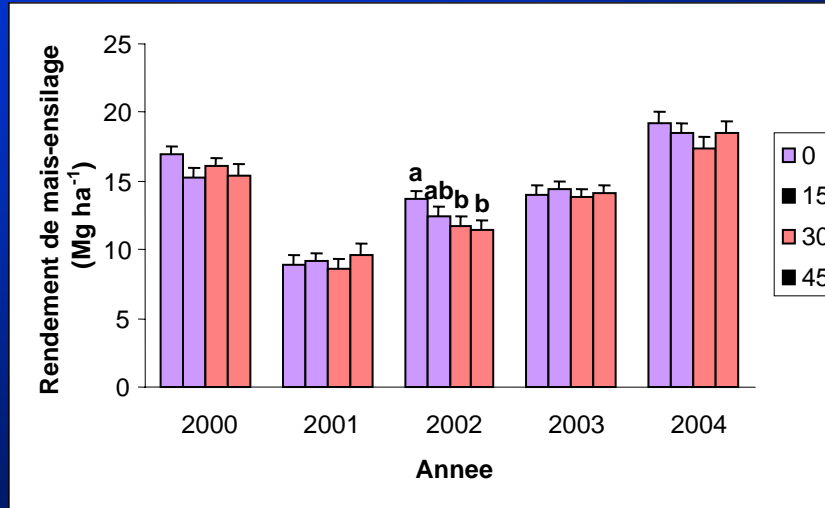


## Effet du labourage et rotations



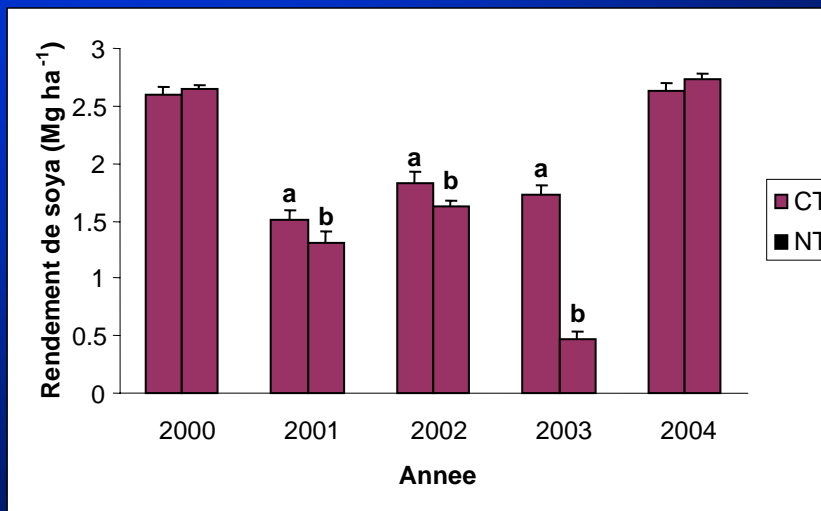
Les lettres indiquent les différences significatives ( $P < 0.05$ , Tukey test)

## Effet du compost



Les lettres indiquent les différences significatives ( $P < 0.05$ , Tukey test)

## Effet du labourage



Les lettres indiquent les différences significatives ( $P < 0.05$ , Tukey test)

## Rendements

- Les rendements de maïs-ensilage ont été plus hauts dans les sols sous la rotation maïs-soya avec labourage.
- Les rendements de soya ont été plus grands avec labourage que le semis direct.
- En général, les rendements n'ont pas été affectés par la forme des nutriments ajoutés.

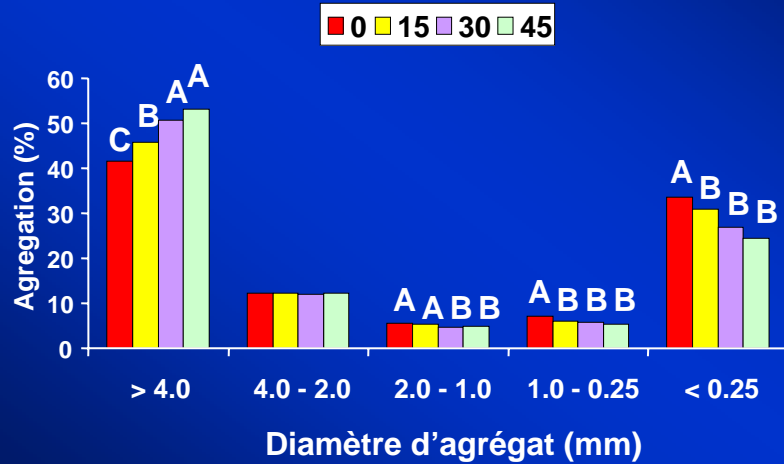
## Stabilité des agrégats

- L'échantillonnage du sol a été effectué à l'automne après la récolte (0 à 15 cm de profondeur).
- La distribution et la stabilité des agrégats contre les dérangements mécaniques et hydriques ont été déterminées

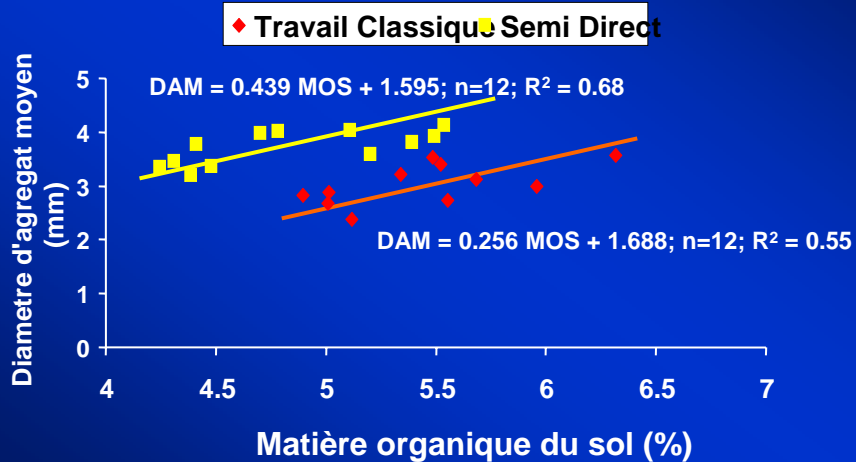




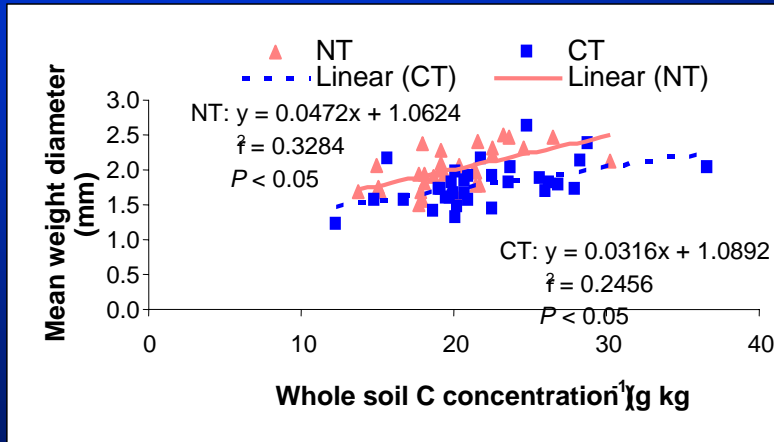
## Stabilité des agrégats affectée par le taux du compost appliqué



## Stabilité des agrégats et la matière organique dans le sol



## Stabilité des agrégats et la matière organique dans le sol



## Agrégats et la matière organique

- L'application du compost a contribué rapidement à l'agrégation (<1 an après l'application).
- L'agrégation du sol a été améliorée par le semis direct en moins de deux ans.
- Aussi, ces pratiques ont augmenté la quantité de matière organique dans le sol.

## Conclusion

- Le système semis direct a présenté quelques contraintes pour la production du maïs-ensilage et du soya
- L'application de compost avec le semis direct a des bénéfices importants pour la stabilité du sol et la quantité de matière organique

