

Les principales nouveautés du prochain *Guide de référence en fertilisation* du C R A A Q

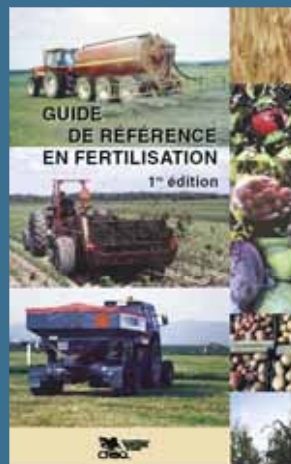
Annie Pellerin, agr., Ph.D.

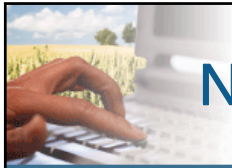
Présidente de la Commission chimie et fertilité des sols



É dition actuelle

- Publiée en 2003
- Vendue à plus de 9 600 exemplaires





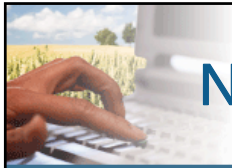
Nouvelle édition à venir

- Refonte majeure de la section théorique
- Structure des chapitres complètement réorganisée



Nouvelle édition à venir

- Contenu revu en profondeur par des équipes d'experts
 - État de l'avancement des connaissances scientifiques québécoises et mondiales
- Encart



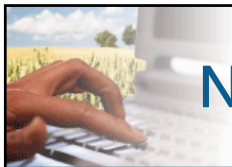
Nouvelle édition à venir

- Chapitre 1 : Le sol
 - Les sols du Québec : Classification, cartographie et caractérisation
 - Quelques propriétés des sols
- Chapitre 2 : La gestion de la matière organique
 - Nouveau chapitre
 - Bilan humique



Nouvelle édition à venir

- Chapitre 3 : La gestion du pH du sol
 - Principaux produits chaulants
 - Description des principaux amendements calciques ou magnésiens
- Chapitre 4 : La gestion de l'eau et du profil cultural



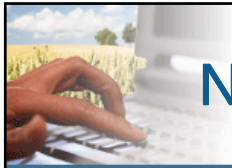
Nouvelle édition à venir

- Chapitre 5 : La gestion de l'azote
 - Nouveau chapitre
 - Beaucoup de nouvelles informations
 - Outils permettant d'ajuster la fertilisation azotée
- Chapitre 6 : La gestion du phosphore
 - Nouveau chapitre
 - Aspects agronomiques et environnementaux



Nouvelle édition à venir

- Chapitre 7 : Le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, les éléments mineurs et les éléments traces métalliques
- Chapitre 8 : L'analyse des plantes comme outil de gestion des fertilisants
 - Nouveau chapitre
 - Bilan nutritif



Nouvelle édition à venir

- Chapitre 9 : Les engrais de synthèse
 - Nouveauté dans les sources d'engrais
- Chapitre 10 : Les engrais de ferme et les matières résiduelles fertilisantes organiques
 - Nouvelle méthode de calcul de la valeur fertilisante des engrais de ferme
 - Méthodes de calcul de l'efficacité de l'azote
 - Lisiers et autres engrais de ferme à rapport $\text{N-NH}_4^+/\text{N-total} \geq 50 \%$



Nouvelle édition à venir

- Chapitre 11 : L'expérimentation à la ferme
 - Nouveau chapitre
 - Comment bien faire des essais à la ferme



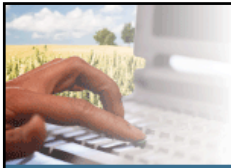
Nouvelle édition à venir

- Chapitre 12 : Les grilles de référence en fertilisation
 - Sol minéral : 45 grilles avec des modifications apportées aux grilles de
 - Céréales
 - Crucifères
 - Gazon
 - Maïs
 - Plantes fourragères
 - Pomme de terre
 - Soya



Nouvelle édition à venir

- Chapitre 12 : Les grilles de référence en fertilisation
 - Sol organique : 9 grilles avec des modifications apportées aux grilles de
 - Carotte
 - Céleri
 - Laitue
 - Oignon
 - Pomme de terre



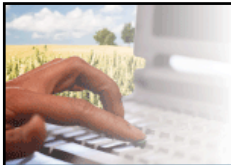
Équipe de travail

- Plus de 70 experts
 - Organisations diverses
 - Milieux professionnels divers
- Édition scientifique
 - Léon-Étienne Parent, agr., Ph.D. (Université Laval)
 - Gilles Gagné, agr., M.Sc. (IRDA)



Format

- Édition beaucoup plus volumineuse :
environ 450 pages au lieu de 300
- Format plus grand :
6,5 po x 9,0 po au lieu de 4,5 po x 7,0 po
- Reliure spiralée



Surveillez sa sortie

- Novembre 2010
- Commandez-le à ce moment sur www.craaq.qc.ca



Surveillez sa sortie

- Nous espérons que vous apprécierez cette nouvelle édition et les nouveautés qu'elle comportera



Les inoculants mycorhiziens :
une nouvelle technologie au service de l'agriculture

Serge Gagné, agr., Ph.D.
Hugues McNicoll, agr., ing.

 JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010



Profil

Créée en 1923

Équipe multidisciplinaire
plus de 1 600 personnes
dont 225 équipiers en IR&D

Chiffre d'affaires
265 M\$ CA

Privée depuis 2007
après 19 ans à la Bourse








 JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Sept unités d'affaires réunies en trois groupes



Groupe Technologies Environnementales (ETE)



Groupe Équipements Industriels (EI)



Groupe Horticulture et Agriculture (HA)

Une mission

Devenir le leader technologique et commercial dans les domaines respectifs de ses trois groupes



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010



Profil

Une équipe

60 équiéiers
dont 20 dédiés à la R&D

Un chiffre d'affaires

6 M\$ CA

Une présence

en Amérique du Nord et en Europe



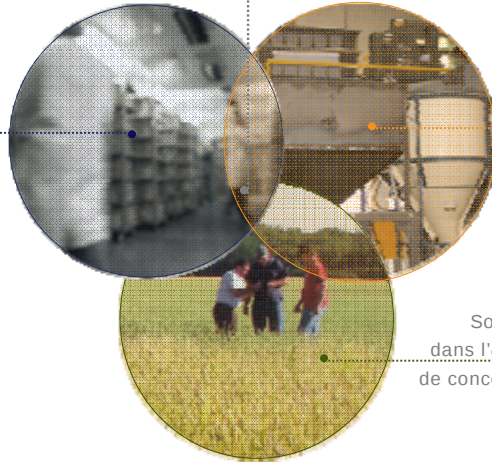
JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Notre expertise

Leader mondial dans la production d'endomycorhizes

Plate-forme industrielle mycorhizienne unique

Production
de l'ingrédient actif



Formulations
spécifiques
pour les besoins
de nos clients

Soutien technique
dans l'**application**
de concentrés formulés



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Notre savoir-faire... les mycorhizes

Les champignons mycorhiziens
champignons bénéfiques microscopiques
s'associent aux racines des plantes
et créent un réseau de filaments
dans le sol, transportant l'eau et
les nutriments jusqu'aux racines.
Cette alliance champignons-plante
accélère le développement
et la croissance de la plante et
augmente sa tolérance aux stress.



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Procédé production inoculant



Procédé conventionnel

Risque de contamination

(plusieurs microorganismes qui peuvent être pathogènes)

Qualité non constante

(grande variation de la concentration)



Procédé (*in vitro*) PREMIER TECH

Inoculant produit industriellement sous conditions aseptiques

Inoculant de qualité supérieure

(Sans contamination - Homogène et de qualité constante)

Grande flexibilité dans la formulation ainsi que dans l'application

Capacité de formuler de multiples concentrations d'inoculants différents

Capacité de formuler sur différentes matrices et sous différentes formes

Capacité de répondre à des besoins variés



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Bénéfices de la mycorhization

- 1 Augmente la capacité d'absorption des éléments nutritifs**
- 2 Augmente la résistance envers les stress**
(maladies, sécheresse, salinité, chocs de transplantation)
- 3 Joue un rôle majeur dans l'agrégation des particules du sol**
- 4 Améliore la croissance, le rendement, la vigueur et l'établissement des végétaux**



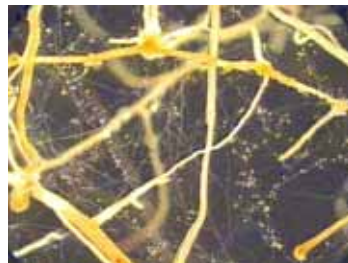
JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

1

Augmente la capacité d'absorption des éléments nutritifs par la plante (P, N, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe)



Racines sans mycorhize



Racines avec mycorhizes



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Nutrition phosphatée

- **La mycorhization joue un rôle important dans l'absorption du P par les végétaux**
- **Jusqu'à 80 % du P absorbé par les plantes se fait via les champignons mycorhiziens**
Smith et Read, 1997. Mycorrhizal Symbiosis; Thingstrup *et al.*, 2000. Plant and Soil.
- **La mycorhization réduit le P dans l'eau de lessivage**
Asghari *et al.*, 2005. Plant and Soil.
- **Les plantes mycorhizées requièrent moins d'engrais**
Carpio *et al.*, 2005. J. Amer. Soc. Hort. Sci.; Adesemoye *et al.*, 2009 Microbial Ecology.



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

2

Augmente la résistance envers les stress

(maladies, sécheresse, salinité, chocs de transplantation)



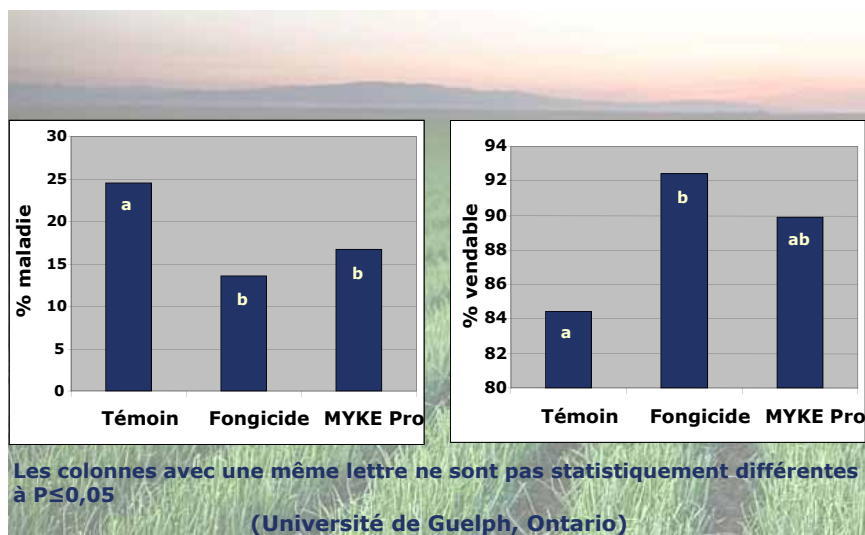
Rhizoctonia Rhizoctonia + Mycorhizes

Pomme de terre (Université Laval, Québec)



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Effet de l'inoculation mycorhizienne sur l'incidence de maladie de l'oignon

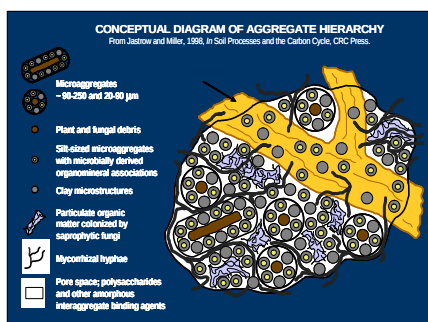
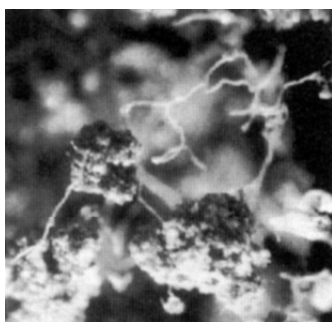


JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

3

Joue un rôle majeur dans l'agrégation des particules du sol

Enchevêtrement des particules par les hyphes



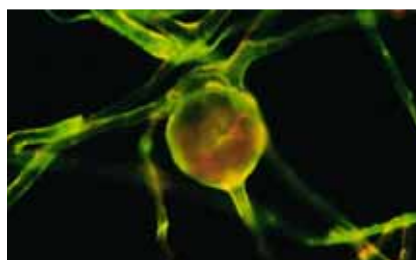
Miller et Jastrow, 2000. Dans Arbuscular Mycorrhizas : Physiology and Function



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Glomaline

- Glycoprotéine produite par les champignons mycorrhiziens (agit comme une colle biologique)
- Participe à la stabilisation des agrégats du sol



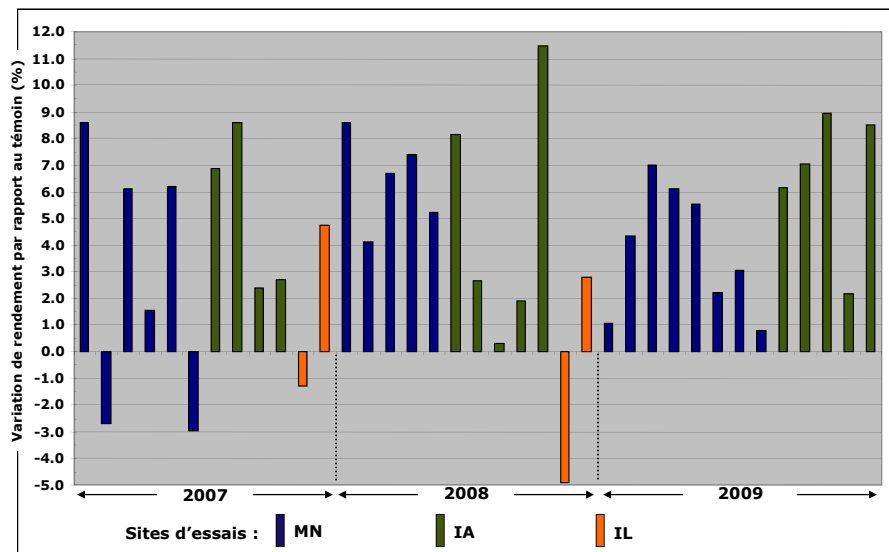
JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

4 Améliore la croissance, le rendement, la vigueur et l'établissement des végétaux



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Effet de l'inoculation mycorhizienne sur les rendements du maïs à différents sites



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Effet de l'inoculation mycorhizienne sur les rendements du maïs

Année	Nb de sites	Rendement (bu/a)		Augmentation (%)
		Témoin	Myke Pro	
2007	12	127,9	132,1**	3,3
2008	12	145,8	152,0**	4,3
2009	13	168,4	176,6**	4,9

** Différence significative du traitement témoin à $P \leq 0,05$



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Effet de l'inoculation mycorhizienne sur la rentabilité du maïs-grain

Réduction en P (%)	Coût P (\$/a)	Seuil de rentabilité (%)	Profit potentiel avec inoculation (\$/a)					
			Augmentation du rendement					
			4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	10 %
0	26,05	2,5	9,99 \$	16,55 \$	23,11 \$	29,67 \$	36,23 \$	49,35 \$
10	23,44	2,1	12,59 \$	19,15 \$	25,71 \$	32,27 \$	38,83 \$	51,95 \$
25	19,54	1,5	16,50 \$	23,06 \$	29,62 \$	36,18 \$	42,74 \$	55,86 \$

Prémisses

Coût Myke Pro : 16,25 \$/a (40,15 \$/ha)
Coût du P : 645 \$/T
Quantité 11-52-0 : 42 lb/a (47 kg/ha)
Rendement : 160 bu/a (10 TM/ha)
Valeur : 4,10 \$/bu (161 \$/TM)



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Effet de l'inoculation mycorhizienne sur les rendements du blé et de la lentille en rotation

2005 Canola		2006 Blé	2007 Lentille	2008 Blé
	A	Témoin	Témoin	Témoin
	B	Myke + 6 %	Myke + 41 %**	Myke ND
	C	Myke + 5 %	Témoin + 10 %	Myke ND
	D	Myke + 10 %	Témoin + 2 %	Témoin ND
	E	Myke + 3 %	Myke + 29 %**	Témoin ND
		+ 6 %	+ 35 %**	ND

** Différence significative du traitement témoin à $P \leq 0,05$



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Effet de l'inoculation mycorhizienne sur les rendements de la lentille (saison 2009)

Traitements	Taber, AB		Swift Current, SK	
	Rendement (kg/ha)	%	Rendement (kg/ha)	%
Témoin 100 % P	1933	-	363	-
Myke Pro 50 % P	2098	8,5	396	9,1
Myke Pro 100 % P	2187**	13,1	420	15,7

** Différence significative du traitement témoin à $P \leq 0,05$



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Effet de l'inoculation mycorhizienne sur différentes cultures

Culture	Nombre de sites	Augmentation moyenne de rendement
Soya	20	6 %
Blé	7	6 %
Avoine	2	16 %
Pois	6	6 %
Lin	4	14 %
Pomme de terre	2	15 %



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010

Différents inoculants mycorhiziens sont disponibles sur le marché pour différentes applications

Consommateurs

Professionnels

Industriels



JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
18 FÉVRIER 2010



www.USEMYKE.com
1 800 606-6926

 **Perron & Tremblay**
 JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE GRANDES CULTURES
 18 FÉVRIER 2010



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



Le lecteur de chlorophylle, un outil de diagnostic de la nutrition azotée du blé panifiable de printemps

A. Claessens, N. Ziadi, G. Bélanger,
L. Lefebvre, N. Tremblay, A. Cambouris, M. Nolin et L.-É. Parent

18 Février 2010

Canada

Introduction

- ⌘ Meilleure gestion de l'azote
- ⌘ Diagnostics basés sur la plante pourraient être utilisés pour compléter les analyses de sol
- ⌘ Synchroniser l'apport en N avec les besoins de la culture



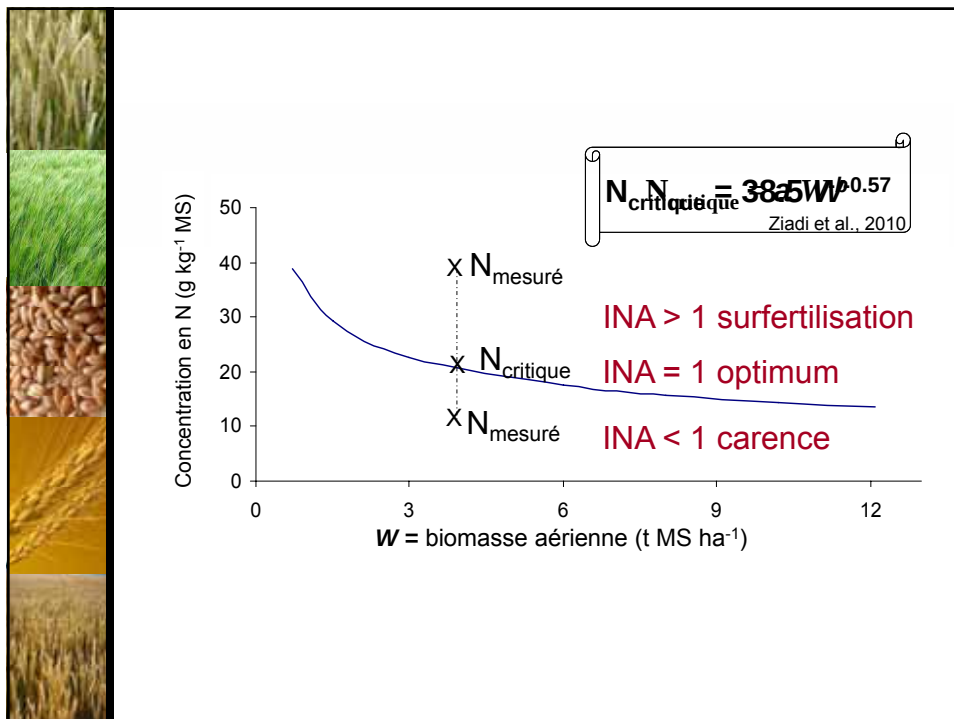
Introduction

∞ L'indice de nutrition N (INA) est considéré comme le meilleur indicateur de la nutrition azotée.

∞ $INA = N_{\text{mesuré}} / N_{\text{critique}}$



la concentration minimale de N
nécessaire pour une croissance maximale





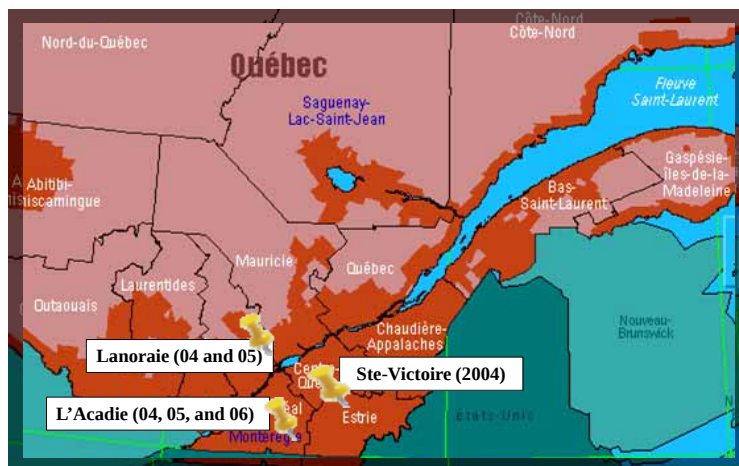
- ⌘ **Le lecteur de chlorophylle (SPAD 502)**
- ⌘ **Non destructif**
- ⌘ **Partie de plante (dernière feuille ligulée)**
- ⌘ **Estime le contenu en chlorophylle de la feuille**
- ⌘ **Bonne relation entre le contenu en chlorophylle et la concentration en N dans la feuille** (Rashid et al. 2005)
- ⌘ **Largement testé dans l'est du Canada**

Objectif

Établir la relation entre l'INA et les lectures de chlorophylle de la dernière feuille ligulée du blé panifiable de printemps sous les conditions pédoclimatiques du Québec.

Méthodologie

6 sites années (2004-2006) au Québec



Résumé des propriétés des 6 sites années

Propriétés	Interval
pH (eau)	5.9 – 7.2
M.O.	20.4 – 42.7 g kg ⁻¹
Argile (%)	5 – 46%
Loam (%)	6 – 52%
Sable (%)	8 – 89%

∞ AC Barrie



∞ Blé panifiable de printemps recommandé au Québec

∞ Traitements

∞ Trois sites années:



∞ 6 doses N (0 – 200 kg N ha⁻¹)

∞ 30 kg N ha⁻¹ au semis et la balance au stade élongation

∞ 2 doses N (120 kg N ha⁻¹)

∞ Conventionnel 60 kg N ha⁻¹ au semis et 60 kg N ha⁻¹ au stade élongation

∞ Saturé 120 kg N ha⁻¹ au semis

∞ Trois sites années:

∞ 4 doses de N (0 – 120 kg N ha⁻¹)

∞ Mesures



∞ Échantillonnage à chaque semaine pendant 5 à 8 semaines

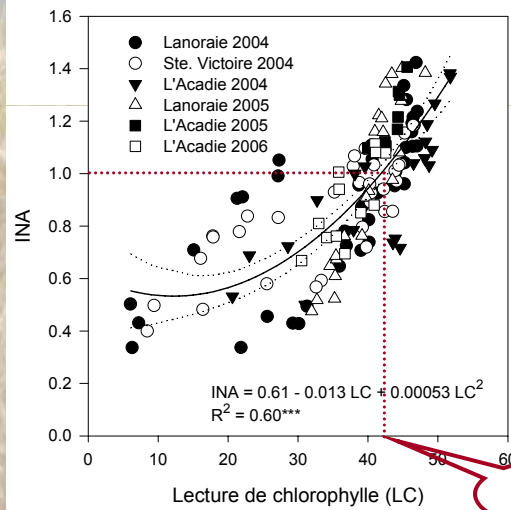
∞ Déterminer:

∞ La teneur en chlorophylle de la dernière feuille ligulée (20 plantes)

∞ Biomasse aérienne

∞ Concentration en N de la biomasse aérienne par minéralisation et colorimétrie

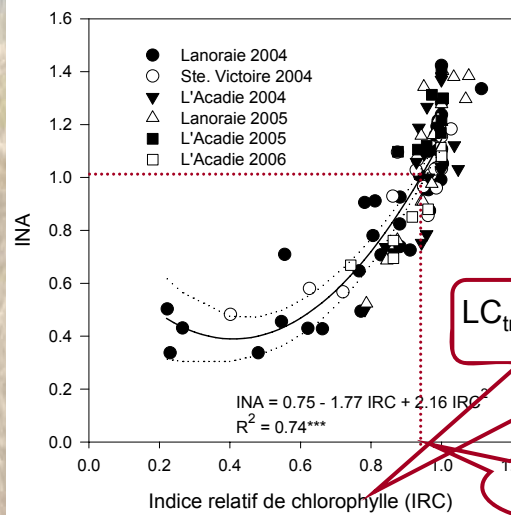
Résultats



Littérature
LC de 37 à 45 pour le blé

41.8

Résultats



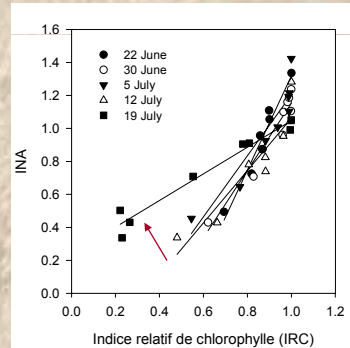
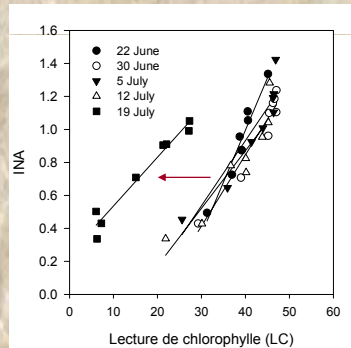
$LC_{\text{traitement}} / LC_{\text{traitement + dose N}}$

Littérature
IRC de 0.89 à 0.95 pour
le blé d'hiver

0.94

Résultats

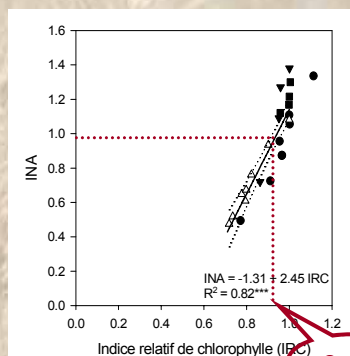
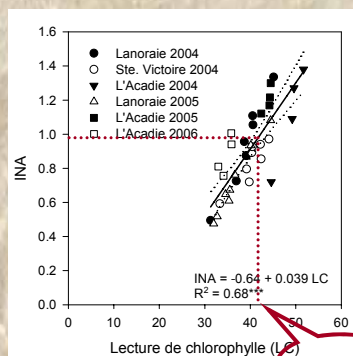
Lanoraie 2004



La relation varie pendant la saison de croissance

Résultats

Au stade élongation

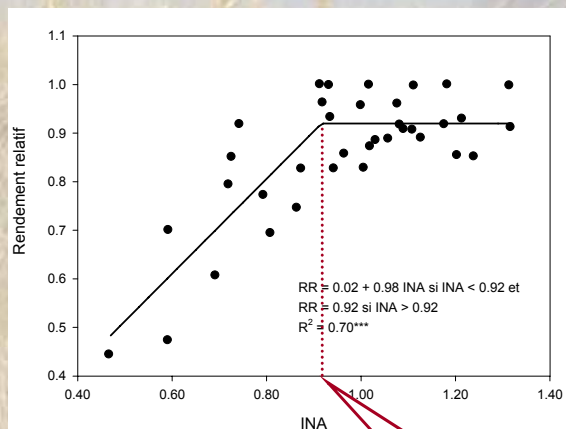




Conclusions

- Une bonne relation existe entre les lectures de chlorophylle et l'INA pendant la saison de croissance;
- La normalisation (IRC) et la prise des lectures à un stade déterminé ont permis d'améliorer la relation.

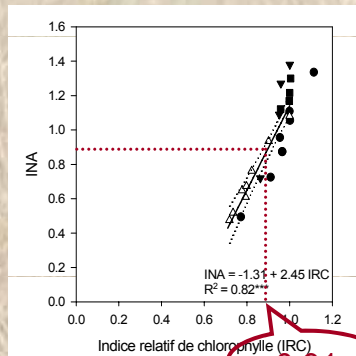
Application agronomique



0.92

Application agronomique

Au stade élongation



Conclusions

Un rendement maximum serait obtenu avec un
indice relatif de chlorophylle ≥ 0.91
au stade élongation chez le blé panifiable de printemps



Remerciements

Programme PPFI (AAC et SynAgri S.E.C.) et GAPS d'AAC

Équipe de recherche à AAC, Québec

S. Michaud, A. Larouche, D. Mongrain, M. Deschênes

Équipe de recherche à AAC, St-Jean-sur-Richelieu

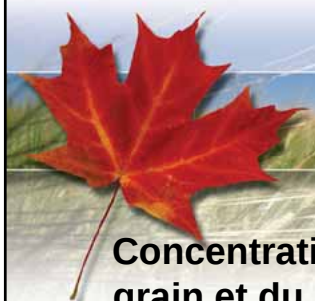
C. Bélec, E. Fallon, M. Tétreault





Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Concentration en cadmium du maïs-grain et du blé panifiable cultivés au Québec

Noura Ziadi¹, Xianglan Li², Gilles Bélanger¹ et Bernard Gagnon¹

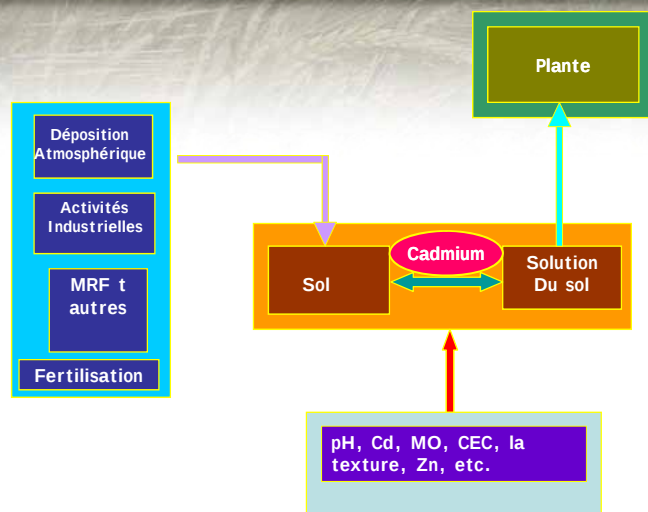
¹Soils and Crops Research and Development Centre, Quebec, Canada

²Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, China.

Pour plus d'information:
noura.ziadi@agr.gc.ca

Canada

Introduction



(Grant et al., 1998; Oliver et al., 1998; Grant et Sheppard, 2008; Fan et al. 2009)

Introduction

- ❖ Au Québec, Fan et al. (2009) ont conclu que:
 - ❖ La concentration moyenne en Cd des tubercules de PDT est de $0,11 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ et elle n'excédait jamais la limite proposée pour l'alimentation humaine de $0,25 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$.
 - ❖ La concentration en Cd des tubercules était significativement ($R^2_{\text{adj}} = 0,87$; $P < 0,01$) relié au pH du sol et au $V_{\text{Cd}13}$, une variable tenant compte des interactions entre les teneurs du sol en Cd, argile, MO, Fe, Al, Mn, P, K, S, Ca, Cu, Zn et B.

3

Introduction

- ❖ Des études effectuées notamment en Australie, en Bolivie, aux États-Unis et dans l'ouest canadien ont démontré l'effet des pratiques culturales (fertilisation azotée) sur l'accumulation du Cd dans les grains du blé panifiable:
 - ❖ Effet positif: acidification du sol (Grant et al. 1996; Wångstrand et al. 2007).
 - ❖ Effet négatif : dilution due à l'augmentation de la biomasse (Landberg et Greger, 2003).
 - ❖ Aucun effet (Gavi et al., 1997).
- ❖ Aucune étude, par contre, n'a été effectuée dans l'est du Canada sur le blé panifiable et le maïs-grain.

4

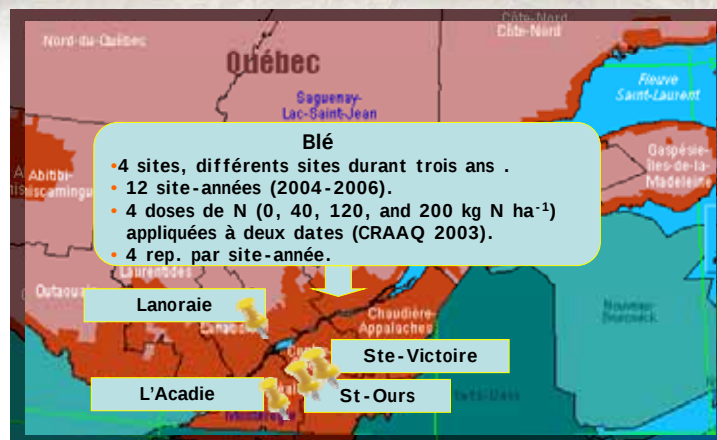
Objectifs

1. Examiner les concentrations en Cd dans les grains de maïs et de blé panifiable produits au Québec.
2. Faire le lien entre celles-ci, la fertilisation azotée et certaines caractéristiques du sol.

5

Matériels et Méthodes

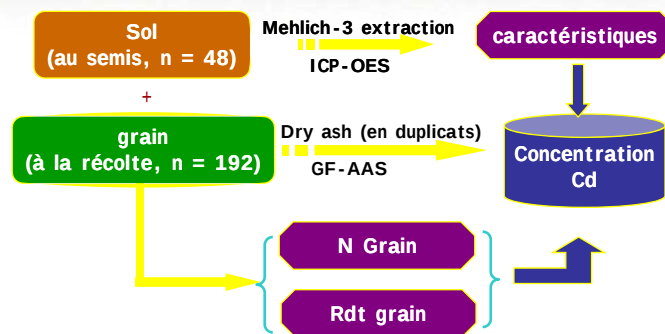
❖ Description des sites et Traitements



6

Matériels et Méthode

❖ Analyses: sol et plantes



7

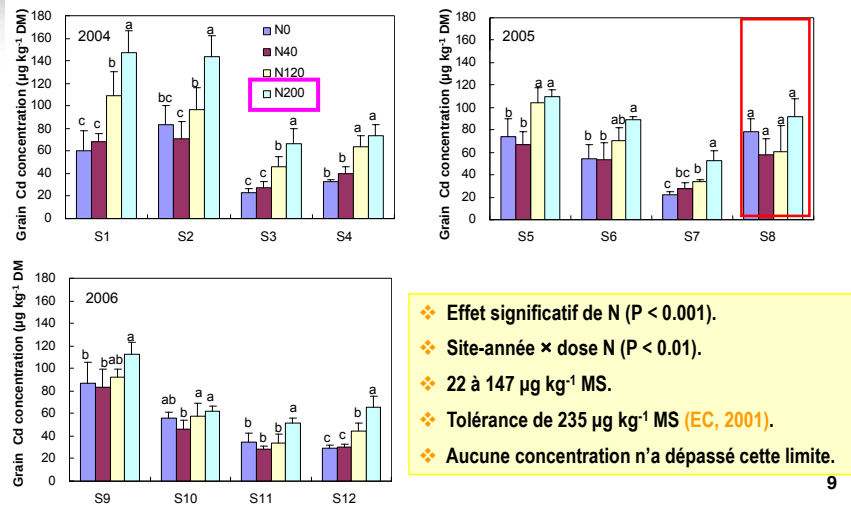
Matériels et Méthodes

Résumé des propriétés des 12 site-années (2004-2006)

propriétés	Interval
pH (eau)	5.8 - 7.2
MO	18.0 - 42.7 g kg ⁻¹
CEC	9.1 - 25.9 meq. 100g ⁻¹
Argile (%)	5 - 46%
Loam (%)	6 - 52%
Sable (%)	8 - 88%
Cd -M3	27 à 95 µg kg ⁻¹

Résultats et Discussion

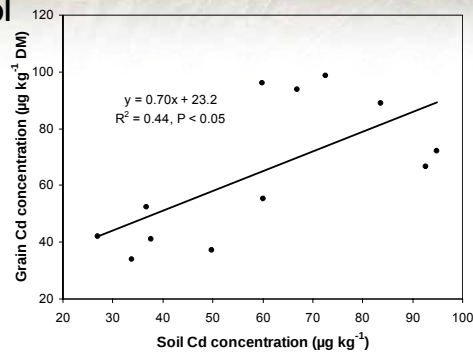
❖ Concentrations du Cadmium dans les grains de blé



9

Résultats et Discussion

❖ Relation entre la concentration en Cd dans les grains de blé et dans le sol

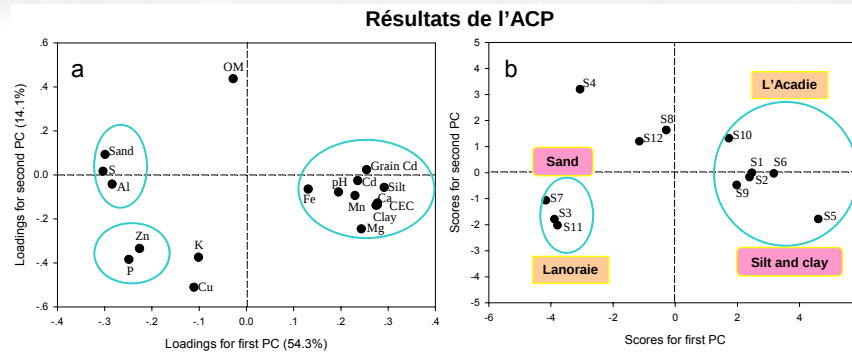


- ❖ Corrélation significative entre la concentration du grain en Cd et la teneur du sol en Cd ($P < 0.05$).
- ❖ Concentration du sol est un important facteur qui affecte la concentration des grains en Cd (Fan et al. 2009).

10

Résultats et Discussion

❖ Relation entre la concentration en Cd dans les grains et les caractéristiques du sol

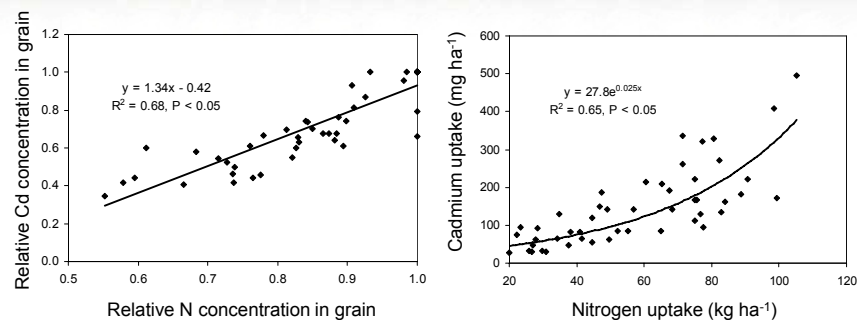


❖ ACP démontre que 54.3% de la variation de la concentration en Cd dans les grains est expliquée par les propriétés du sol: Cd, pH, CEC, et la texture du sol.

11

Résultats et Discussion

❖ Relation entre la concentration en Cd dans les grains de blé et l'état nutritionnel azoté de la plante.



❖ Cd dans les grains est relié à l'état nutritionnel azoté de la plante ($P < 0.05$).

12

Essais avec le maïs

❖ Fertilisation minérale

- ❖ Six traitements de N ($0-160 \text{ kg N ha}^{-1}$), quatre répétitions à 4 site-année: L'Acadie 2004 et 2008, St-Louis 2005, Ste-Catherine 2006.
- ❖ Seulement deux doses de N (20 et 150 kg N ha^{-1} dans 3 sites; 0 et 160 kg N ha^{-1} dans un site) ont été utilisées pour cette étude.

❖ Fertilisation organique

- ❖ Essais de longue durée établie en 2000 à Trois-Rivières (Robichaud et al. 2009, Fan et al. 2010)
- ❖ Huit traitements, quatre répétitions.

Année	Traitements	Biosolides papetiers (t ha ⁻¹ Humide)	Produits chaulants (3 t ha ⁻¹)
2008	Contrôle	0	-
2008	MIN	0	-
2008	BP30	30	-
2008	BP60	60	-
2008	BP90	90	-
2008	BP30-BC	30	Boue de chaux
2008	BP 30-CB	30	Cendre des bois
2008	BP 30-CC	30	Chaux calcique

13

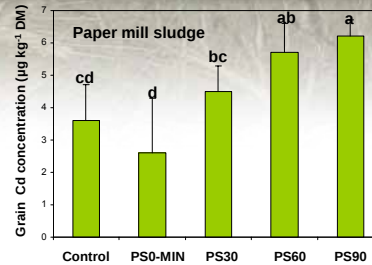
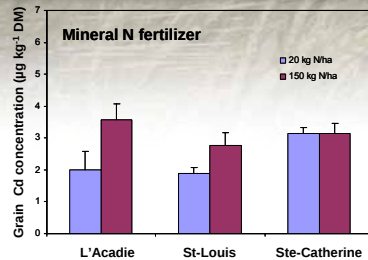
Matériels et méthodes (maïs)

❖ Caractéristiques du sol dans les essais de maïs (2004-2006, 2008)

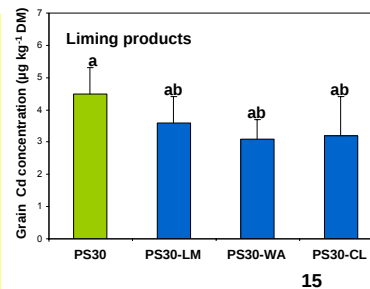
	L'Acadie 2004	St-Louis 2005	Ste-Catherine 2006	L'Acadie 2008	Yamachiche 2000
MO, g kg ⁻¹	40.3	<u>23.0</u>	<u>52.0</u>	38.0	33.7
pH (eau)	7.10	<u>7.29</u>	<u>5.56</u>	6.3	6.13
Argile, %	<u>43</u>	12	<u>7</u>	36	13
loam, %	<u>51</u>	19	<u>11</u>	44	45
Sable, %	<u>6</u>	69	<u>83</u>	20	42
Cd (Mehlich-3, µg kg ⁻¹)	78.1	56.7	51.3	nd	61.1

14

Résultats et Discussion



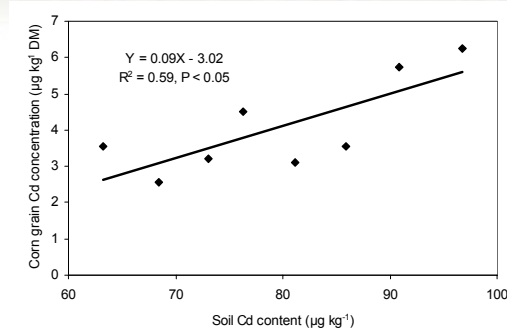
- ❖ Concentration du Cd varie entre 1.9 et 6.2 µg kg⁻¹.
- ❖ Aucune concentration ne dépasse la tolérance proposée de 118 µg kg⁻¹ MS (EC, 2001).
- ❖ L'apport de N n'a pas affecté ($P = 0.36$) la concentration des grains en Cd.
- ❖ La concentration de Cd dans les grains augmente significativement avec l'augmentation de la dose des BP ($P < 0.001$).
- ❖ L'ajout des produits chaulants aux BP réduit la Cd par 20, 31 et 29% respectivement.



15

Résultats et discussion

- ❖ Relation entre la concentration en Cd dans les grains du maïs et le sol (Site de Yamachiche).



- ❖ Relation linéaire significative entre la concentration en Cd dans les grains du maïs et le sol.
- ❖ La concentration du sol en Cd peut être un indicateur de la concentration du Cd dans les grains du maïs (Fan et al. 2009).

16

Conclusions

- ❖ Les concentrations moyennes de Cd dans les grains de blé et de maïs produits au Québec sont faibles et n'ont jamais excédé la limite proposée pour l'alimentation humaine.
- ❖ Les concentrations de Cd augmentent avec l'apport de N minéral dans les grains de blé et avec les biosolides papetiers dans les grains de maïs → éviter la surfertilisation.
- ❖ Les caractéristiques du sol (Cd, texture, pH) sont les principaux facteurs qui affectent la disponibilité et par conséquent le prélèvement de Cd par le blé et le maïs → chauler.

17

Remerciement

Aide technique

Sylvie Côté, Sylvie Michaud et Danielle Mongrain

Support Financier

Programme de recherche pour les doctorants: AAC-
Ministère de l'éducation de la Chine.

Programmes PPFI (AAC et SynAgri S.E.C.) et GAPS d'AAC.

18



Les biosolides municipaux: *quels sont les risques?*

Marc Hébert, agronome, M.Sc.

Service agricole

Développement agricole,
Environnement
et Forêts

Québec 

Plan

- Généralités
- Craintes
- Principe de précaution
- Études sur le risque
- Conclusion

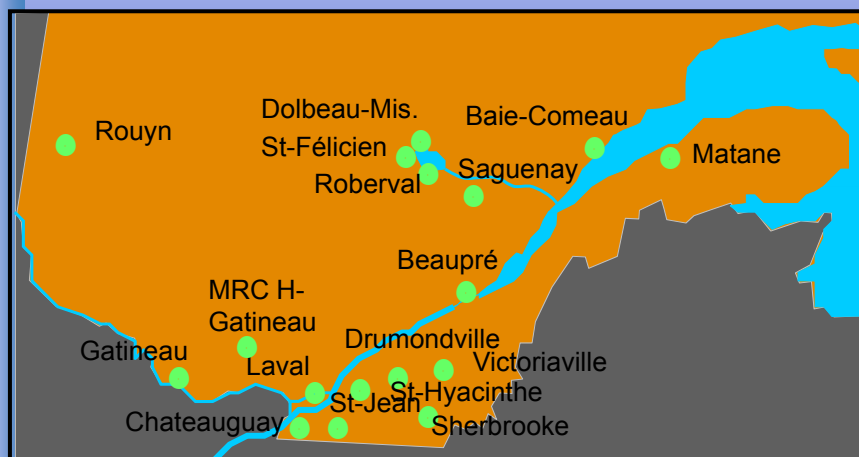
Développement agricole,
Environnement
et Forêts
Québec 

Taux d'épandage

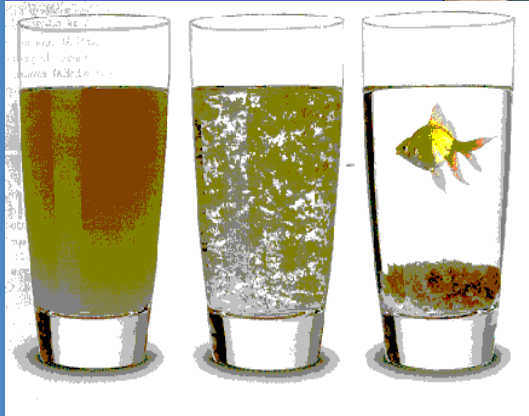
- C-B, AB, N-É: ~ 90%
- Norvège: 90%
- France: 70%
- É-U: 55%
- Suède: 25%
- Québec: 18%
- Suisse: ~ 3%



Exemples de recyclage



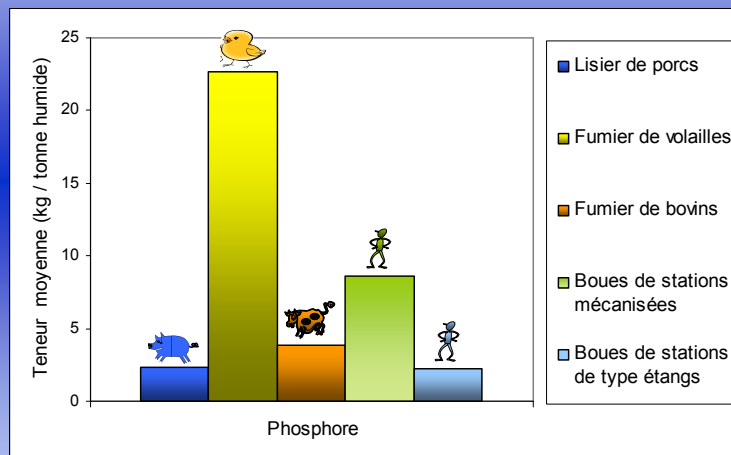
Boues / Biosolides : Origine ...



Chicoutimi

Ministère de l'Environnement
et du Patrimoine
Québec

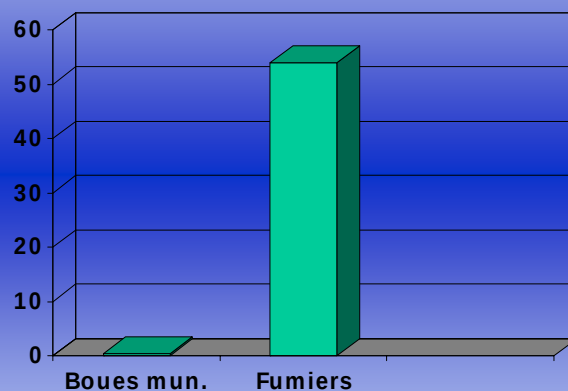
Phosphore



Les données pour les fumiers et les lisiers sont tirées de Hébert, 2005

Ministère de l'Environnement
et du Patrimoine
Québec

Superficies agricoles réceptrices en 2007 (%)



Sources: BPR (2007); Hébert et al (2008)

Les craintes...



Principe de précaution

➤ Loi sur le développement durable

- «précaution » : lorsqu'il y a un risque de dommage grave ou irréversible,
- l'absence de certitude scientifique complète ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir une dégradation de l'environnement



Principe de précaution

- Contaminants chimiques
- Nutriments
- Microbes pathogènes
- GES



Tabou(e)! - le débat de 2006: toxique ou écologique?



- « ...Est-ce qu'on a de quoi s'inquiéter?
- Même l'Institut national de santé publique du Québec est assez ouvert, ne voit pas de risque (majeur).
- On ne trouve personne du côté scientifique pour dénoncer...
- Un appel à la prudence, oui, mais rien pour aller jusqu'à confirmer le film de M. Desmarais. »

• Anne-Marie Dussault

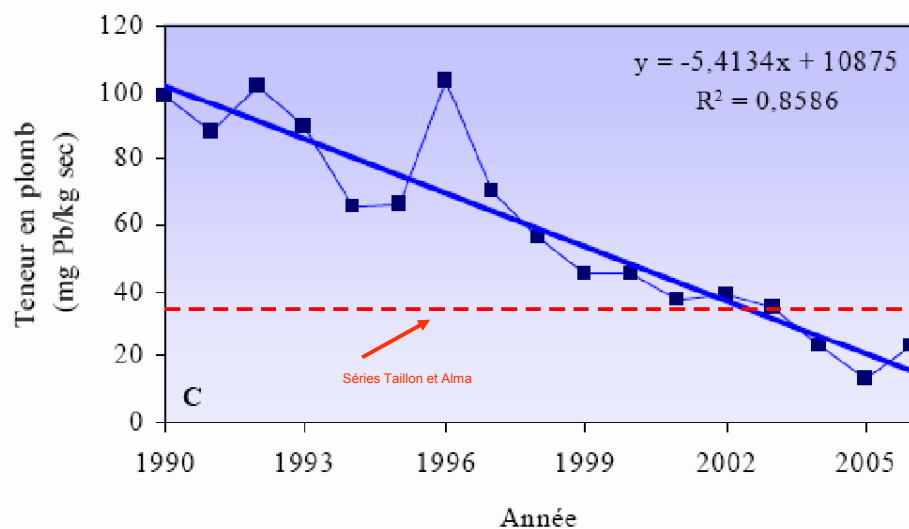


Santé du sol (Éco-toxicité)

- Étude ontarienne (McCarthy et al., 2009)
- Ver de terre
 - Tests de toxicité aigue, chronique, reproductive
- Collemboles
- Plantes (maïs, soya, haricot, choux)
- Aucun impact éco-toxicologique observé (doses réglementaires)
- <http://www.weao.org/committees/biosolids/5RandB/Papers/SO9-3%20L.H.%20McCarthy.pdf>



Les boues ont changé - Jonquière



Québec

Métaux – qualité des sols

- après 16 ans
 - Tous les sols respectent les critères de qualité de l'IRDA
- Dans 100 ans
 - Risque de dépassement pour le cuivre
- Risque < lisier de porc
- Mesures préventives - Guide du CRAAQ (2010)



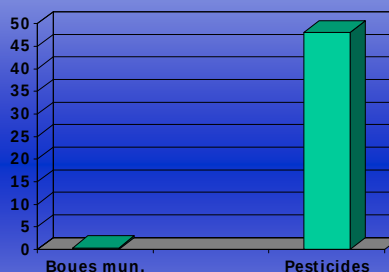
➤ http://www.irda.qc.ca/pages/Agrosolutions_vols9_no1_Person.pdf

Québec

Toxicité: Boues vs pesticides

➤ Pesticides

- ~ 50% du territoire agricole
- À dose agronomique
 - toxique par définition
- 2700 appels intoxications appréhendées /an
- 220 appels «professionnels», incluant les agriculteurs
 - Lebel et al. (2009)
<http://www.inspq.qc.ca/pdf/bulletins/bise/BISE-20-1.pdf>



➤ Biosolides municipaux

- ~ 0,5 % territoire agricole
- À dose agronomique
 - non toxique
- Pas d'intoxication humaine connue

Principe de précaution et nutriments

➤ Phosphore

- Eutrophisation de l'eau de surface
- Cyanobactéries

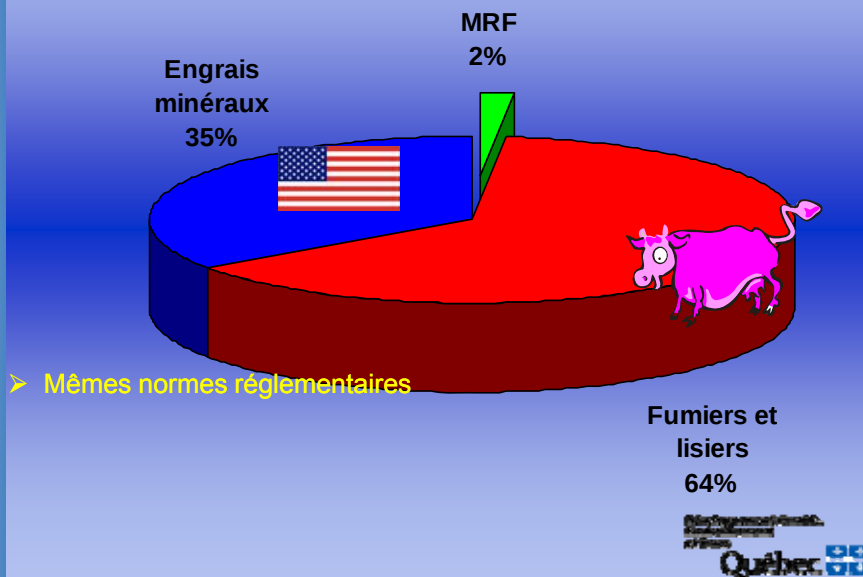


➤ Azote

- Contamination de l'eau souterraine (nitrates NO_3)
- Toxicité pour les poissons (ammonium NH_4)



Répartition du phosphore épandu au Québec



Principe de précaution et agents pathogènes

- Biosolides municipaux
- Désinfection obligatoire
 - Complète > 99,9%
 - Partielle > 90%
 - Restrictions d'épandage
- Fumiers de ferme
 - Aucune désinfection obligatoire
 - Salmonelles
 - *E. coli*
 - *C. difficile*
 - Etc.



Ce qu'en pense un médecin québécois

- « Lorsque bien encadrée, l'utilisation des boues d'épuration traitées est somme toute sécuritaire.
- Le risque existe toutefois dans des conditions déviantes »

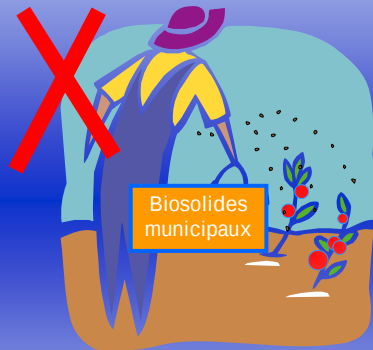
– André Labelle, MD, MSSS (1995).



Mesures de précaution spécifiques au Québec



Fruits & légumes ...



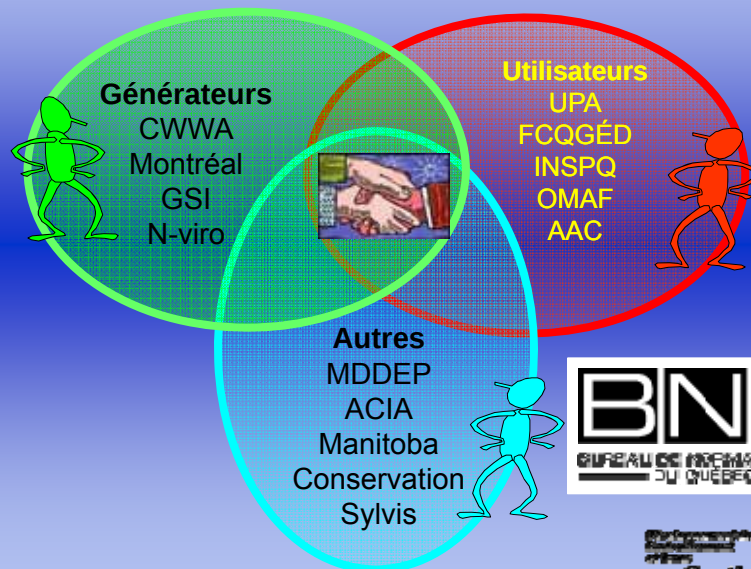
Interdiction d'épandage
sur fruits et légumes...



...sauf produits
certifiés BNQ

Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Québec

Norme BNQ



Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Québec

Catégories d'odeurs



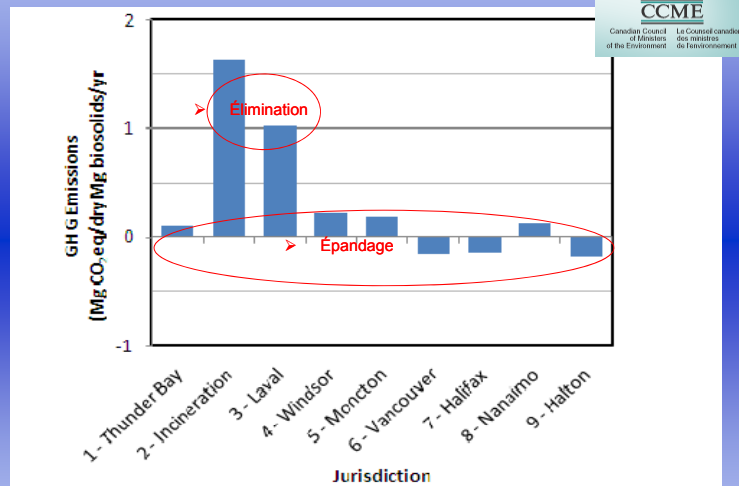
Ministère de l'Agriculture, de la Pêcherie et des Ressources
Québec

Principe de précaution et GES

- Changements climatiques observés
- Risques graves et irréversibles
- GES – cause très probable
- Incertitude
- PP → agir
- Mesures effectives
- Europe:
 - Bannissement de l'enfouissement sanitaire de la matière organique

Ministère de l'Agriculture, de la Pêcherie et des Ressources
Québec

Biosolides - Bilans GES



http://www.ccme.ca/assets/pdf/beam_executive_summary_fr.pdf



Conclusions Recyclage des boues et autres MRF

- Risques perçus
 - dangereux
- Risques réels
 - très faibles
 - ≤ pratiques agricoles courantes (fumiers, pesticides)
 - Risque zéro n'existe pas
- Encadrement sévère
 - Mesures de précautions
 - Attention aux pratiques illégales
 - Attention aux odeurs
- Le risque de ne pas valoriser (GES)
 - Principe de précaution
- Importance des communications



Site Web ... réponses, statistiques, articles scientifiques



Projet de politique québécoise de gestion des MR

- « (...) D'ici 2015 : (...) Traiter 60 % de la matière organique putrescible résiduelle au moyen de procédés biologiques, à savoir l'épandage, le compostage ou la biométhanisation (...) »;
- ↑ redevance à l'élimination ≈ 20\$/tonne
- Plan de communications



Éléments traces métalliques

Teneurs moyennes en ÉTM (mg/kg sur base sèche) de diverses matières fertilisantes épandues sur les terres agricoles du Québec au cours de la période 2000-2006

Matières fertilisantes	Oligo-éléments (plantes et/ou animaux)								Contaminants stricts		
	As	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Se	Zn	Cd	Hg	Pb
Lisier de porcs en croissance ¹	1	2,9	8,6	839	4,1	11	1,9	1 475	0,5	0,02	2,5
Fumier de bovins ²	0,6	1,9	6,9	36	2,2	5,6	0,4	156	0,2	0,02	1,4
Fumier de volailles ³	9	4	4,7	192	5	12	1,3	399	0,4	0,1	2
Boues de stat. mécanisées ⁴	3,8	6,5	33	402	5,4	25	1,8	398	1,3	0,7	28
Boues d'étangs ⁵	7,2	10,5	55	680	9,6	36	2,5	689	3,3	1,2	61
Boues de fosses septiques ⁶	4,3	8,3	21	246	5,7	18	1,3	418	1,7	0,7	34



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Effacité de l'utilisation de trois engrais minéraux appliqués en post-levée dans le maïs-grain

Bernard Gagnon et Noura Ziadi
Agriculture et Agroalimentaire Canada,
CRDSGC, Québec QC

Canada

Fertilisation des principales cultures au Québec - enquête pancanadienne 2006 -

Culture	Dose de fertilisation moyenne (kg N ha ⁻¹)	Culture	Dose de fertilisation moyenne (kg N ha ⁻¹)
Maïs-grain	155	Blé	90
Maïs-ensilage	103	Canola	99
Pomme de terre	175	Foin	34
Légumes	151	Mélange luzerne/graminées	17

*n'inclut pas l'azote provenant des fumiers et lisiers

Sheppard *et al.*, 2010

Type d'engrais azotés disponible sur le marché

	Formulation	% nitrate	% ammonium
Urée	Granulaire (46-0-0)	0	100
Ammoniac anhydre	Liquide pressurisé (82-0-0)	0	100
Nitrate d'ammonium calcique	Granulaire (27-0-0)	50	50
Sulfate d'ammonium	Granulaire (21-0-0)	0	100
Solution azotée (urée et nitrate d'ammonium)	Liquide (28-0-0/32-0-0)	25	75
Phosphate d'ammonium mono ou diacide	Granulaire (11-52-0/18-46-0)	0	100

3

Utilisation des engrais azotés sur les fermes

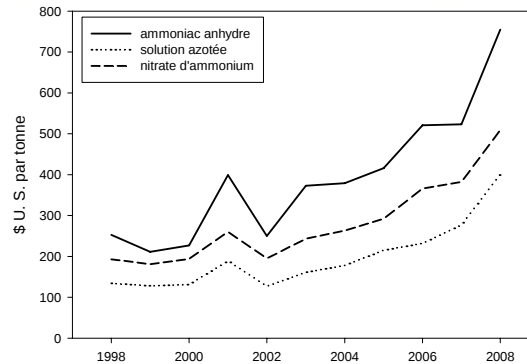
	Québec	Canada	États-Unis
Urée	35 %	47 %	20 %
Ammoniac anhydre	2 %	15 %	16 %
Nitrate d'ammonium	36 %	4 %	6 %
Solution azotée	23 %	22 %	41 %

Institut canadien des engrais, 2007
 USDA, Economic Research Service, 2008

4

Problématique des engrais azotés dans le maïs

- Récupération du N par la culture < 50 %
- Excès d'application
 - coûts de production supplémentaires



USDA, Economic Research Service, 2008

5

Problématique des engrais azotés en grandes cultures

- Récupération du N par la culture < 50 %
- Excès d'application
 - coûts de production supplémentaires
 - contamination des eaux de surface et souterraines
 - émissions de gaz à effet de serre (N_2O)
- Méthodes pour améliorer l'efficacité de l'utilisation du N
 - assurer une synchronisation de l'apport de N avec les besoins de la culture
 - injection ou placement de l'engrais en bandes
 - application en post-levée (stade 4-8 feuilles du maïs)
 - utilisation d'engrais ammoniacaux
 - utilisation d'inhibiteur de nitrification
 - utilisation d'engrais à libération lente

6

Objectifs

- Comme peu d'études au Québec ont évalué à la fois le type et la dose d'engrais azoté appliqué en post-levée en production de maïs-grain, les objectifs de la présente étude étaient d'évaluer les effets de trois types d'engrais azotés appliqués à trois doses différentes sur :
 - le rendement en grains du maïs
 - le prélèvement de l'azote par la culture
 - les nitrates résiduels présents dans le sol après la récolte

7

Dispositif expérimental

- Expérience conduite pendant 3 ans (2004-2006)
- Ferme de Recherche d'Agriculture Canada, Lévis QC
- Sol argileux Kamouraska (6 % matière organique, 54 % argile)
- Dimension des parcelles 3 m × 7 m
 - 4 rangs espacés de 75 cm, densité de plantation 86 400 plants ha⁻¹
- Engrais au semis : 20 kg N, 70 kg P₂O₅ et 30 kg K₂O ha⁻¹
- Engrais azotés utilisés pour l'expérimentation
 - Solution d'urée et nitrate d'ammonium (UNA) 32-0-0
 - Nitrate d'ammonium calcique (NAC) 27-0-0
 - Ammoniac aqueux (AA) 24-0-0
- Dose d'application : 0 (témoin), 100, 150 et 200 kg N ha⁻¹
- Date et mode d'application
 - fin juin, en bandes entre les rangs, au stade 6-feuilles du maïs

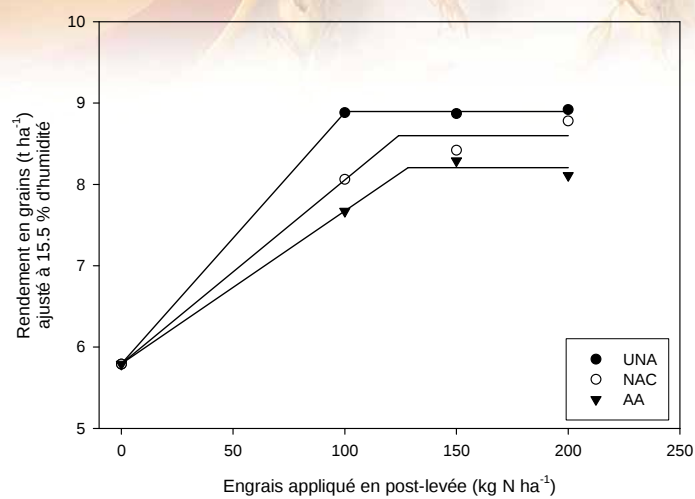
8

Dispositif expérimental



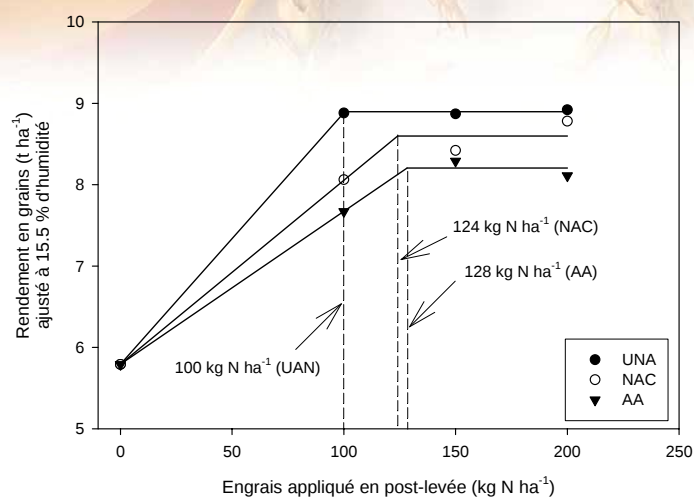
9

Rendement en grains du maïs



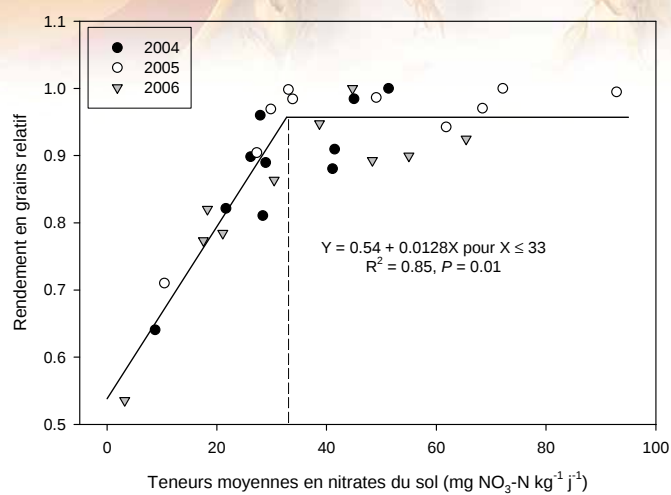
10

Rendement en grains du maïs



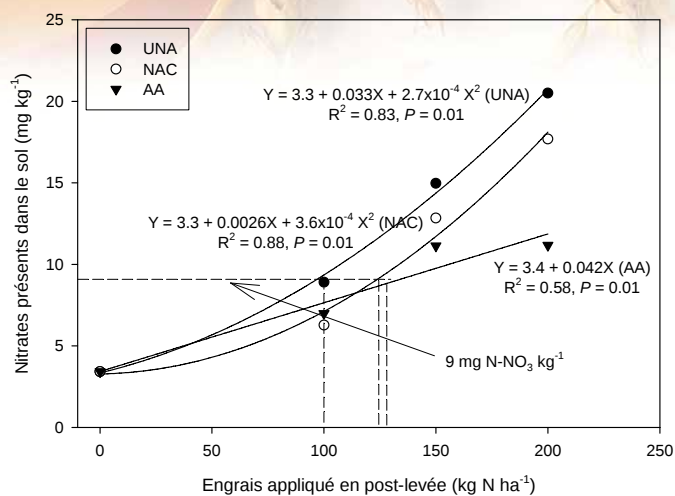
11

Relation entre le rendement en grains et la teneur en nitrates du sol mesurée entre l'application des engrais et l'épiaison



12

Relation entre la dose d'application des engrais et la teneur en nitrates du sol après la récolte du maïs



13

Prélèvement de l'azote par la culture et pourcentage de récupération apparent du N appliqué

	Dose d'application kg N ha ⁻¹	Prélèvement total en N kg N ha ⁻¹	Récupération du N % N appliqué
Témoin	0	87	
Solution 32%	100	152	65
	150	156	45
	200	162	37
	200	162	37
Nitrate d'ammonium	100	133	46
	150	142	36
	200	157	35
Ammoniac aqueux	100	131	44
	150	138	34
	200	137	25

14

Conclusions

- Solution d'urée et nitrate d'ammonium 32 %
 - meilleure réponse culturale
 - disponibilité accrue du N dans le sol
 - meilleur prélèvement du N appliqué
- Les engrais en post-levée ont fourni une courbe de réponse de type linéaire avec plateau, où le rendement maximal a été atteint avec des doses d'application de 100 à 128 kg N ha⁻¹ dépendamment des engrais
- Relation étroite entre le rendement en grains et les teneurs en nitrates du sol mesurées entre l'application et l'épiaison, indiquant qu'une grande partie de l'azote est activement prélevé durant ces quelques semaines puis utilisé éventuellement pour la production des grains
- Au-delà du niveau optimal d'application, tous les engrais, particulièrement la solution 32 % et le nitrate d'ammonium, peuvent potentiellement avoir un impact négatif sur l'environnement en plus de réduire la rentabilité

15

Remerciements

- Travaux aux champs et au laboratoire
 - Marc-André Ouellet
 - Pascal Gilet
 - André Bélanger et l'équipe de la ferme Chapais
 - Techniciens et étudiants d'été
- Fourniture de matériel
 - Solution 32 % par Synagri



16