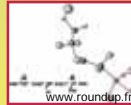


Effet du glyphosate et du travail du sol sur l'incidence de la fusariose de l'épi chez le blé et l'orge



Marie-Eve Bérubé, agr.




Anne Vanasse, Sylvie Rioux,
Nicole Bourget, Gaétan Bourgeois,
Gilles Tremblay et Yves Dion




Introduction

- Fusariose de l'épi : maladie importante du blé et de l'orge
 - Conditions humides de l'est du Canada
- Principal agent pathogène responsable : *Fusarium graminearum*
 - Production de désoxynivalénol (DON)
- Récentes enquêtes par Fernandez et coll. (2005, 2007)
 - Application de glyphosate l'année précédant la culture de blé ou d'orge = ↑ de l'incidence de la maladie en combinaison avec un travail réduit du sol

 **Objectifs**


- Déterminer l'effet du glyphosate, utilisé sur un précédent cultural de soya, sur l'incidence de la fusariose de l'épi du blé et de l'orge en travail conventionnel, en travail réduit du sol et en semis direct, sous les conditions de culture du Québec
- Caractériser la production de spores des *Fusarium* provenant des résidus de culture de soya selon qu'ils ont reçu ou non du glyphosate

Fusarium graminearum




Bérubé, 2009


Fusarium avenaceum



Bérubé, 2008

 **Matériel et méthodes**

- Six essais différents
 - Deux espèces : blé et orge
 - Trois travaux de sol : conventionnel, réduit et semis direct
- Deux sites aux conditions climatiques différentes
 - Saint-Augustin-de-Desmaures (région de Québec) = 2800 degrés-jours
 - Saint-Mathieu-de-Beloeil (région de Montréal) = 3270 degrés-jours
- Dispositif expérimental : split-plot
 - Parcelles principales : traitements herbicides (glyphosate et autre herbicide) sur soya RoundupReady™
 - Sous-parcelles : cultivars de blé et d'orge avec différents niveaux de sensibilité





Matériel et méthodes (suite)

- Pour chaque parcelle principale, trois boîtes de Pétri contenant un milieu sélectif (PCNB) aux *Fusarium* spp.
 - Deux boîtes avec ouverture vers le bas
 - Une boîte avec ouverture vers le haut
- Récolte quotidienne des boîtes pour une période d'environ cinq semaines, à compter de la mi-juin
- Repiquage des souches sur un milieu d'identification rapide des *Fusarium* spp.
- Identification et dénombrement des colonies



EROM, 2007



Bourget, 2008



Bourget, 2008



Résultats et discussion

Effet de l'herbicide sur le contenu en DON (ppm) des grains de blé et d'orge récoltés à Saint-Augustin en 2007

Espèce	Travail du sol	Herbicide			
		Glyphosate		Non glyphosate	
Orge	Conventionnel	0,222	a	0,204	a
	Réduit	0,191	a	0,169	a
	Semis direct	0,195	a	0,169	a
Blé	Conventionnel	0,247	a	0,371	a
	Réduit	0,347	a	0,485	a
	Semis direct	0,090	a	0,103	a



Résultats et discussion

Effet de l'herbicide sur le contenu en DON (ppm) des grains de blé et d'orge récoltés à Beloeil en 2007

Espèce	Travail du sol	Herbicide			
		Glyphosate		Non glyphosate	
Orge	Conventionnel	10,0	a	9,9	a
	Réduit	5,1	a	7,5	a
	Semis direct	3,9	a	3,8	a
Blé	Conventionnel	9,9	a	9,8	a
	Réduit	8,0	a	8,1	a
	Semis direct	5,0	a	5,0	a



Résultats et discussion

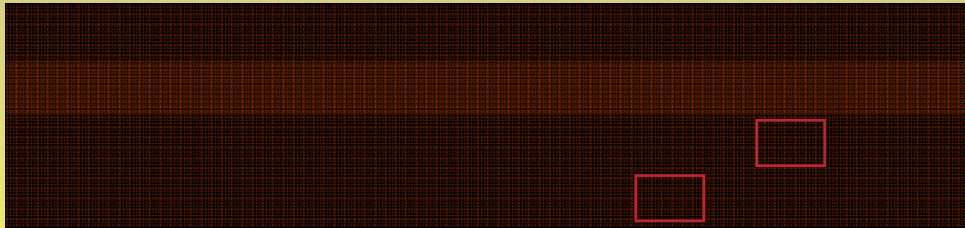
Effet de l'herbicide sur le contenu en DON (ppm) des grains de blé et d'orge récoltés à Saint-Augustin en 2008

Espèce	Travail du sol	Herbicide			
		Glyphosate		Non glyphosate	
Orge	Conventionnel	1,4	a	1,7	a
	Réduit	1,5	a	1,1	b
	Semis direct	1,5	int.	1,5	int.
Blé	Conventionnel	4,2	a	4,4	a
	Réduit	3,8	a	3,6	a
	Semis direct	4,6	a	5,2	a



Résultats et discussion

Effet de l'interaction herbicide x cultivar sur le contenu en DON (ppm) de l'essai orge semis direct à Saint-Augustin en 2008



Résultats et discussion

Effet de l'herbicide sur le contenu en DON (ppm) des grains de blé et d'orge récoltés à Beloeil en 2008

Espèce	Travail du sol	Herbicide			
		Glyphosate		Non glyphosate	
Orge	Conventionnel	2,1	a	2,1	a
	Réduit	3,2	a	3,4	a
	Semis direct	2,6	int.	2,8	int.
Blé	Conventionnel	8,1	a	8,4	a
	Réduit	8,5	a	8,2	a
	Semis direct	7,6	a	8,0	a



Résultats et discussion

Effet de l'interaction herbicide x cultivar sur le contenu en DON (ppm) de l'essai orge semis direct à Beloeil en 2008

Espèce	Travail du sol	Herbicide	Cultivar		
			Océanik	Raquel	Perseis
Orge	Semis direct	Glyphosate	1,6	3,1	3,0
		Non glyphosate	1,7	2,9	3,9



Résultats et discussion

- Effet du glyphosate sur le contenu en DON des grains
 - 2007 : non significatif
 - 2008 : significatif pour essai orge travail réduit de Saint-Augustin seulement (1,5 vs 1,1)
- Différence importante du contenu en DON entre les deux sites
 - Peut être expliquée en partie par la caractérisation de l'inoculum

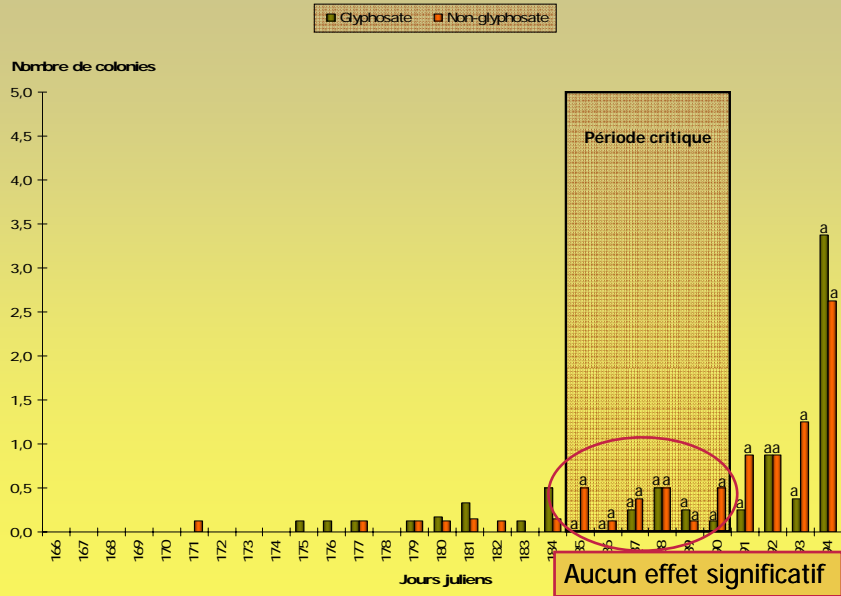


www.all-creatures.org

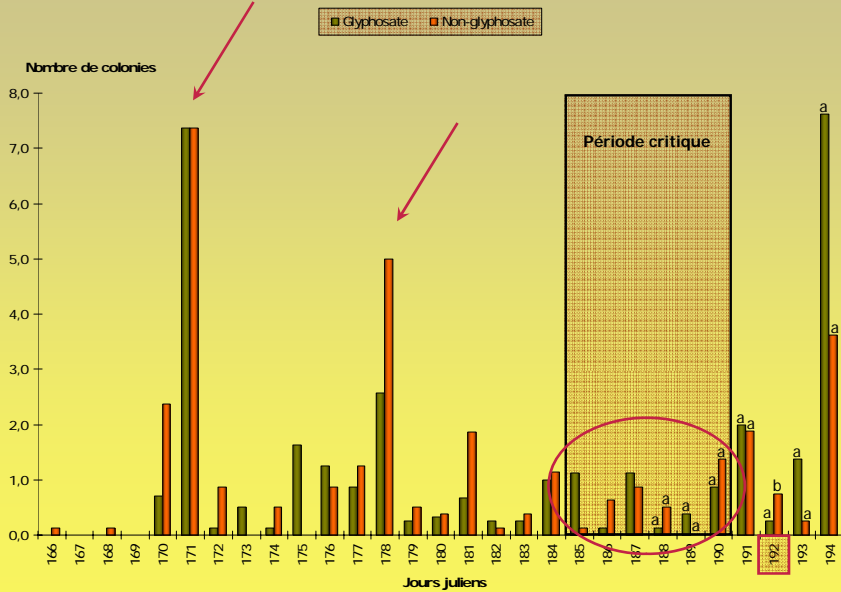


www.saisonsdemontagne.com

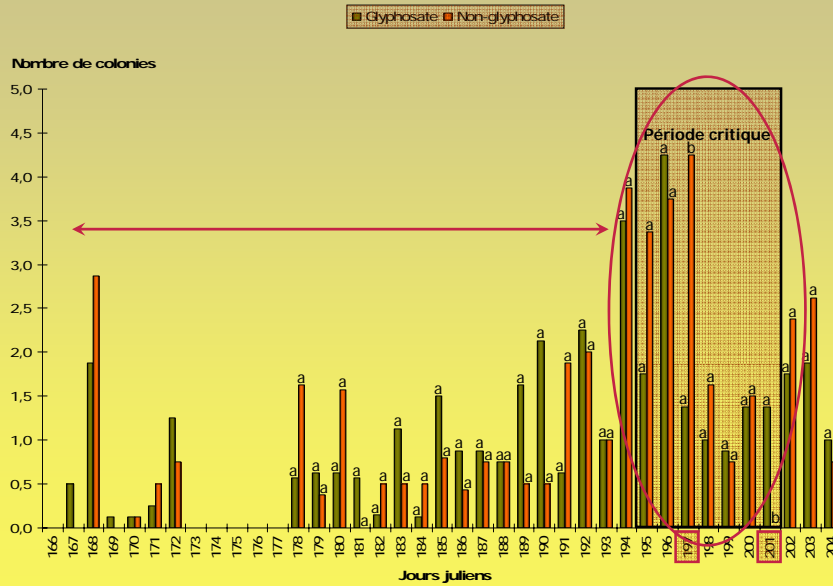
Moyenne quotidienne des colonies de *F. graminearum* à Saint-Augustin en 2007 (blé travail réduit)



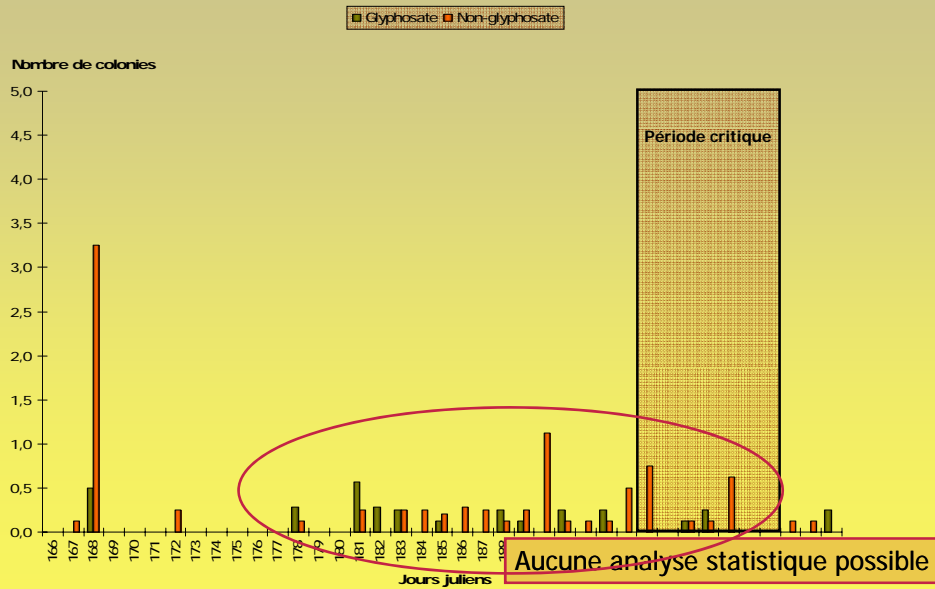
Moyenne quotidienne des colonies de *F. avenaceum* à Saint-Augustin en 2007 (blé travail réduit)



Moyenne quotidienne des colonies de *F. graminearum* à Beloeil en 2007 (blé travail réduit)



Moyenne quotidienne des colonies de *F. avenaceum* à Beloeil en 2007 (blé travail réduit)

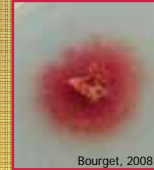




Résultats et discussion

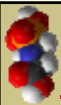
▪ *Fusarium graminearum*

- Saint-Augustin = après la période critique
- Beloeil = constamment présent, surtout période critique
- Production de DON



▪ *Fusarium avenaceum*

- Davantage présent à Saint Augustin qu'à Beloeil
- Peu présent aux périodes critiques
- Pas de production de DON



En conclusion...

- Pas d'effet significatif du glyphosate sur le contenu en DON des grains de blé et d'orge et sur la sporulation des *Fusarium*, peu importe le type de travail du sol impliqué
- Effet de l'herbicide contrecarré par d'autres facteurs mieux connus et plus cruciaux pour le développement de la fusariose (conditions climatiques, cultivar, date de semis)
- Problèmes liés à la présence de mycotoxines = dépendants des espèces de *Fusarium* prédominantes dans une région agricole donnée







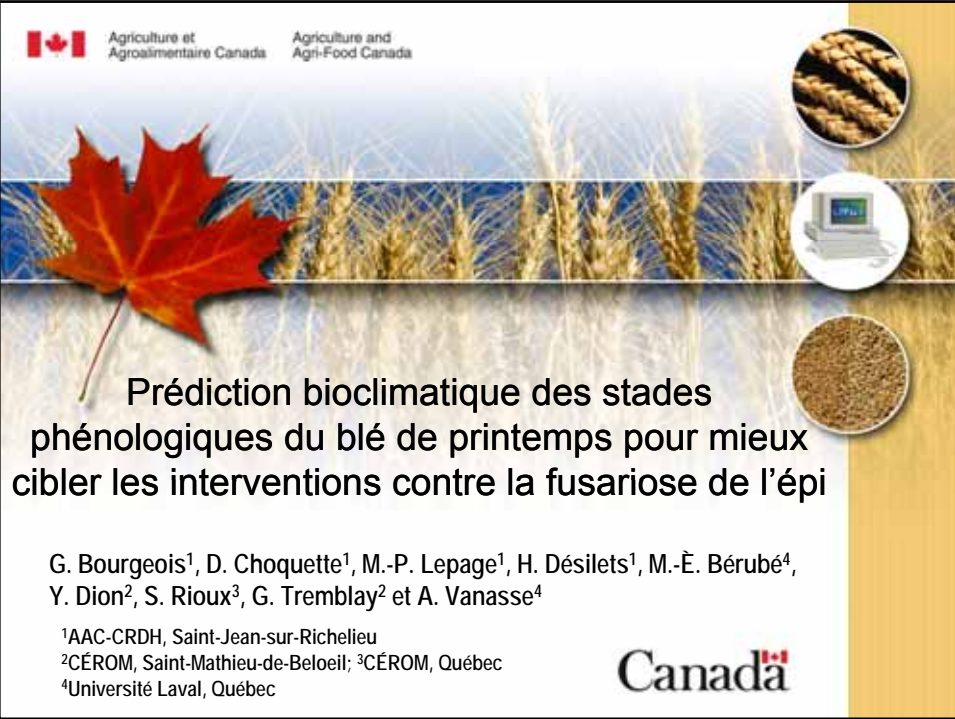
Remerciements

Annie Brégard
Martin Tremblay
MAPAQ
CRSNG



Merci de votre attention!


 Agriculture et Agroalimentaire Canada Agriculture and Agri-Food Canada



Prédiction bioclimatique des stades phénologiques du blé de printemps pour mieux cibler les interventions contre la fusariose de l'épi

G. Bourgeois¹, D. Choquette¹, M.-P. Lepage¹, H. Désilets¹, M.-È. Bérubé⁴, Y. Dion², S. Rioux³, G. Tremblay² et A. Vanasse⁴

¹AAC-CRDH, Saint-Jean-sur-Richelieu
²CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil; ³CÉROM, Québec
⁴Université Laval, Québec



Modélisation de la phénologie : Les applications pour l'agriculture

- Gestion des semis, des transplants et des récoltes
- Stratégies de dépestage
- Régie de l'eau (drainage, irrigation)
- Changements climatiques (impact et adaptation)
- Télédétection (suivi des cultures, inventaire de l'utilisation du territoire)
- Interventions phytosanitaires (ex. fusariose de l'épi)
- Modélisation des cultures et de leurs bioagresseurs



Modélisation de la phénologie : Les approches bioclimatiques

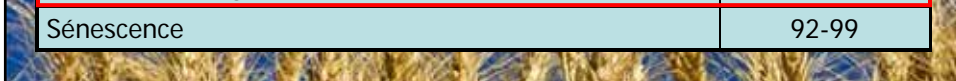
- Prédiction de stades phénologiques spécifiques
 - floraison, maturité, stade d'intervention, etc.
 - peu d'études simulant la phénologie complète de la plante
- Phénologie dans les modèles de croissance des plantes
 - indices phénologiques (ex. stades 0, 1 et 2)
 - peu de signification biologique par rapport à ce qui est observé pour la culture
- Cumuls thermiques (ex. degrés-jours, unités thermiques)
 - réponse linéaire à la température uniquement
 - logiciel CIPRA : problématique avec semis tardifs => plus de degrés-jours sont requis pour atteindre l'anthèse



Phénologie et l'échelle universelle BBCH

- **BBCH** : **B**iologische **B**undesanstalt, **B**undessortnamt and **C**hemical industry (Meier *et al.*, 2001)
- Basé sur l'échelle de Zadoks (1974) développée pour les céréales

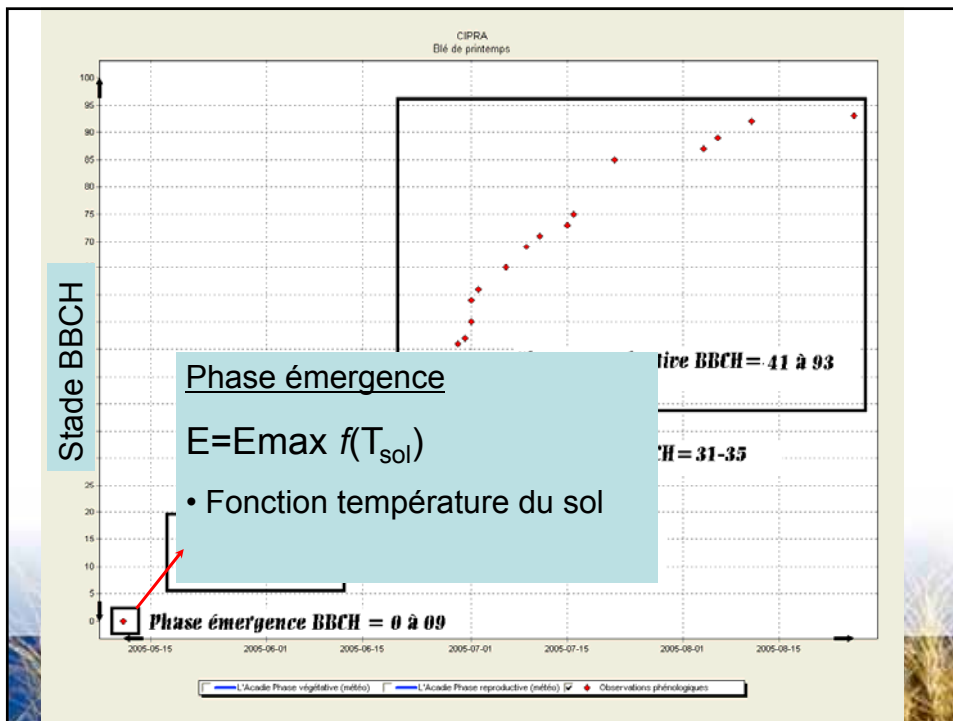
Stades	BBCH
Émergence	0-9
Développement des feuilles	10-19
Tallage	20-29
Élongation de la tige principale	30-39
Montaison	41-49
Épiaison	51-59
Anthèse (floraison)	61-69
Développement des graines	71-77
Maturation des graines	83-89
Sénescence	92-99

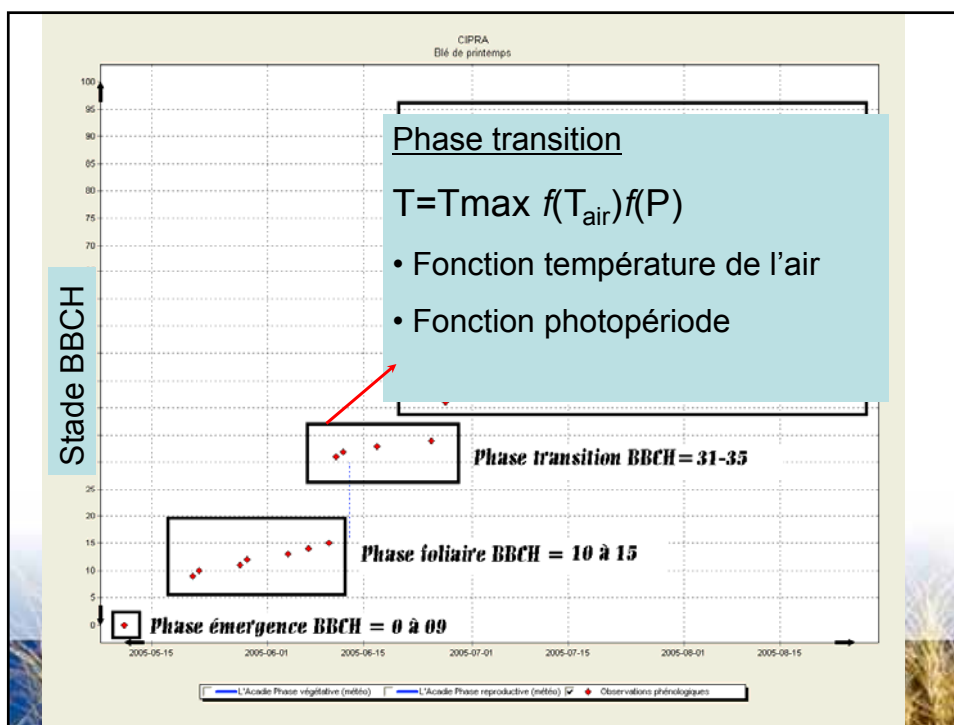
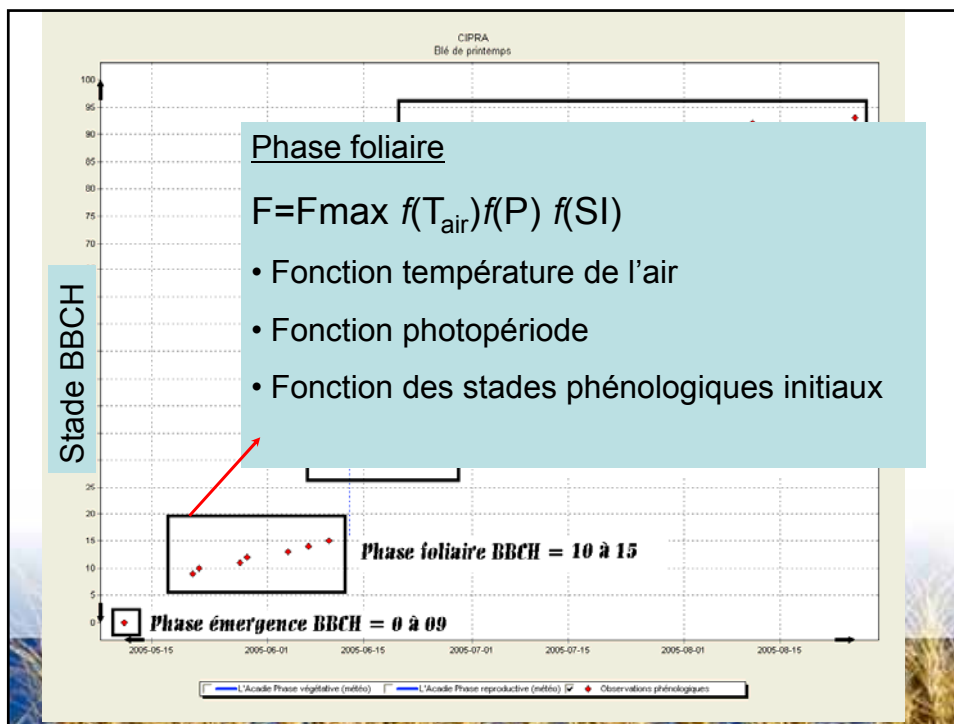


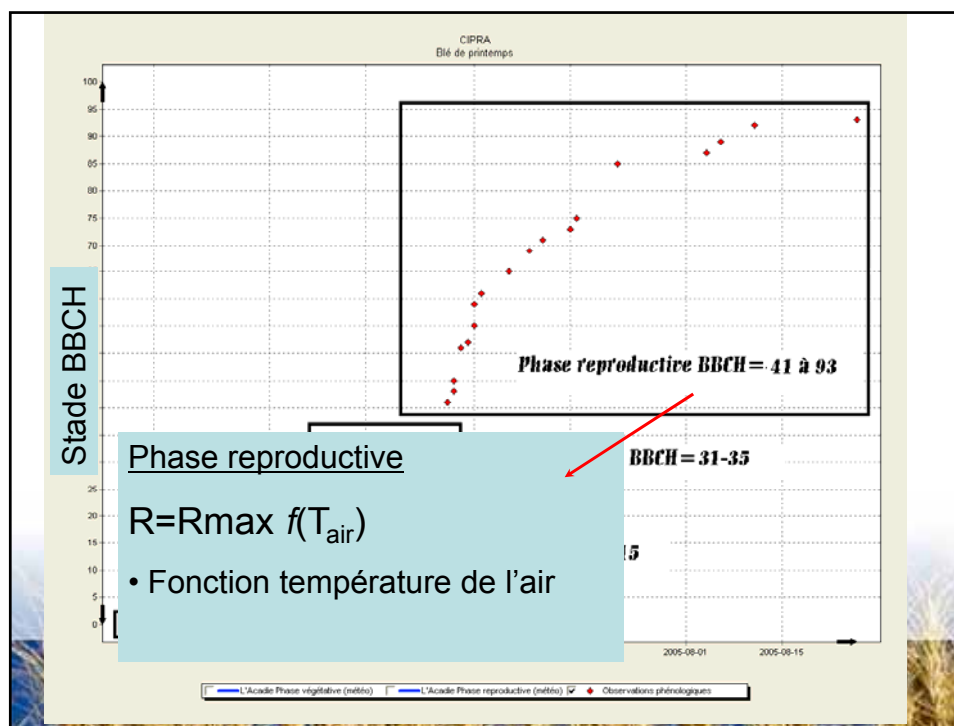
Modèle phénologique pour le blé de printemps

Objectif : Prédire les stades phénologiques BBCH sur une base quotidienne

- Utilisation des données météorologiques horaires ou quotidiennes pour estimer les différents taux de développement
 1. Phase émergence (BBCH=0-9)
 2. Phase foliaire (BBCH=10-15)
 3. Phase transition : de la phase végétative à la phase reproductive (BBCH=31-35)
 4. Phase reproductive (BBCH=41-93)
- Utilisation de réponses non linéaires à la température pour mieux caractériser les limites en conditions supraoptimales



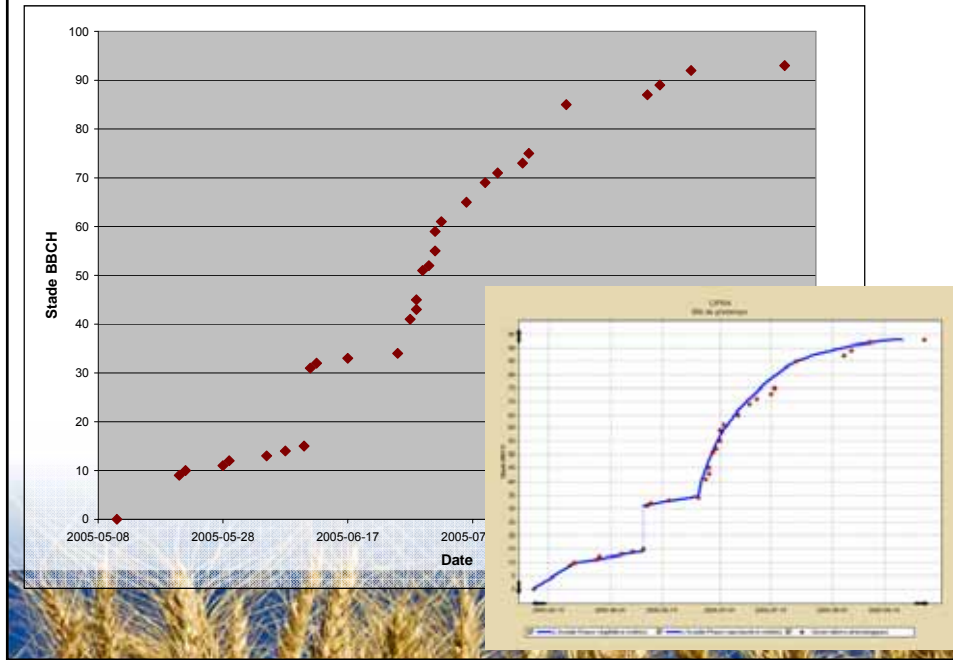




Méthodologie

- Ferme expérimentale d'AAC à l'Acadie
 - Parcelles de 15 m x 3 m (20 rangs espacés de 15 cm)
- Cultivar : Barrie
 - Semis 2005 : 11 mai, 25 mai, 6 juin, 23 juin et 8 juillet
 - Semis 2006 : 9 mai, 30 mai, 22 juin et 11 juillet
- Relevés phénologiques
 - 2 à 3 visites par semaine
 - Stades « levée » à « 3 feuilles » : comptage sur 1 m de rang
 - Stades « 3 feuilles » à la fin de la floraison : suivi sur 10 plants et évaluation globale additionnelle dans 10 sections de la parcelle
 - Stades subséquents : échantillonnage de 10 épis et évaluation des grains au laboratoire

Prédiction de la phénologie du blé de printemps



Paramètres et équations pour le blé de printemps

Modifier le modèle de phénologie

Nom: Blé de printemps Type de plante: Phases foliaire et reproductive

Modifier le modèle de phénologie

Nom: Blé de printemps Type de plante: Phases foliaire et reproductive

Modifier le modèle de phénologie

Nom: Blé de printemps Type de plante: Phases foliaire et reproductive

Modifier le modèle de phénologie

Nom: Blé de printemps Type de plante: Phases foliaire et reproductive

Phase émergence | Phase foliaire | Phase transition | **Phase reproductive** | Stress abiotique

Début phase reproductive (stade BBCH): 41
Fin phase reproductive (stade BBCH): 93

Évolution des stades
 Asymptotique Linéaire
 Taux reproductif maximum: 4.111

Réponse à la température
 Equation mathématique: Yan
 Y maximum: 1
 Temp. de base: 5
 Temp. optimale: 28
 Temp. supérieure: 40

Réponse à la photopériode
 Y maximum:
 Coeff. courbure:
 X quand Y=0:

Réponse à la compétition végétative
 Taux rel. minimum:
 Taux rel. maximum:
 Coeff. courbure 1:
 Coeff. courbure 2:

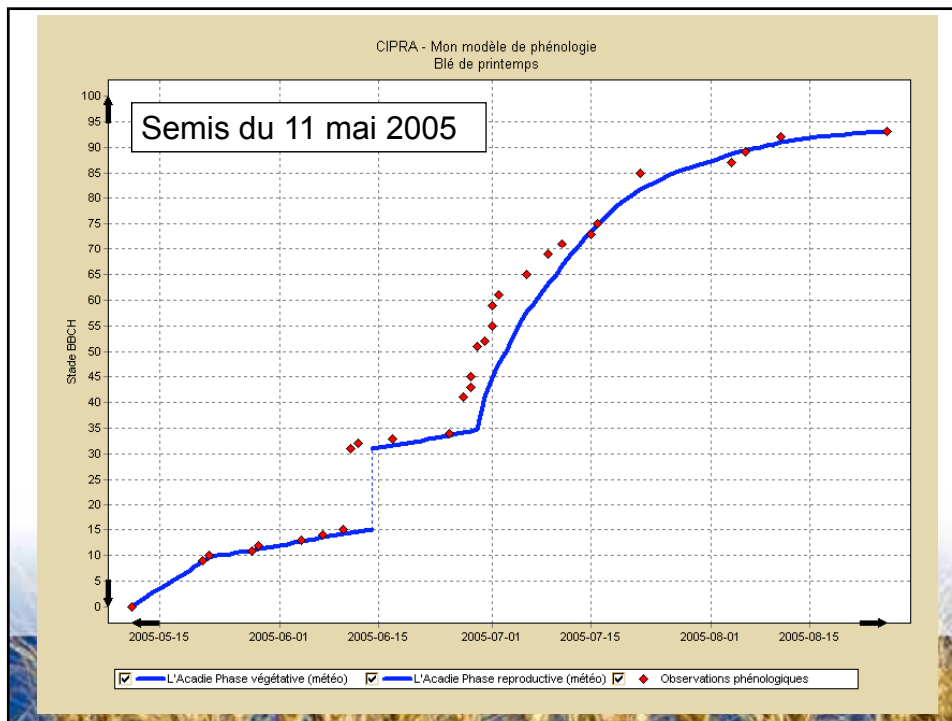
$R = R_{max} * f_R(T)$

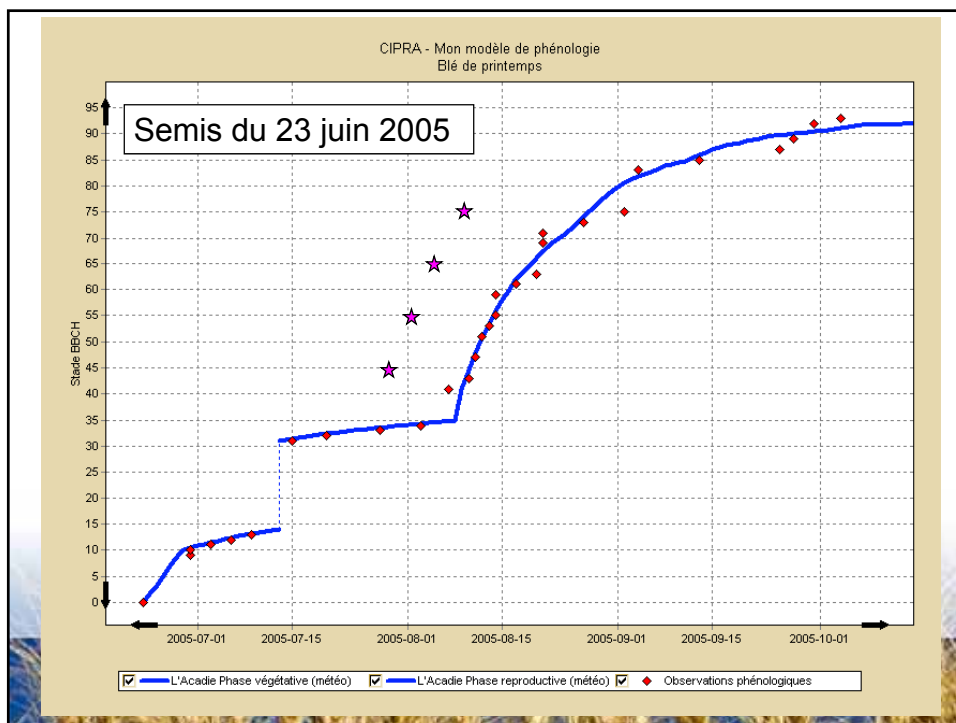
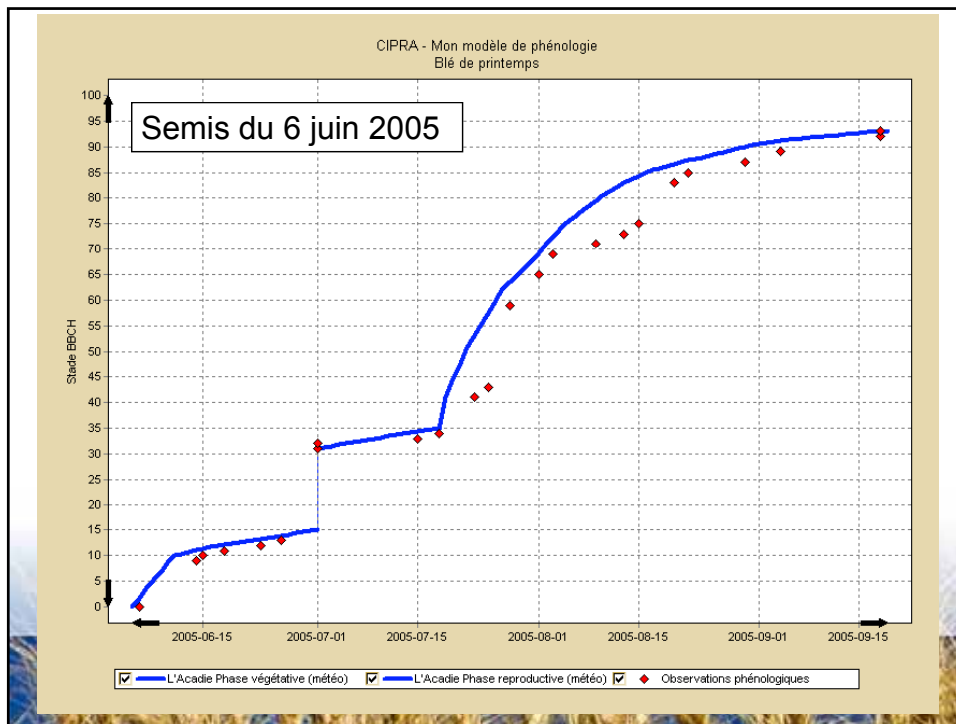
Commentaire:

OK Annuler

Estimation des taux de développement pour chaque phase

Date de semis	Phase Émergence BBCH = 0-10	Phase Foliaire BBCH = 10-15	Phase Transition BBCH = 31-35	Phase Reproductive BBCH = 41-93
2005-05-11	0,20	0,62	0,42	4,0
2005-05-25	0,25	0,50	0,44	4,3
2005-06-06	0,12	0,52	0,35	4,2
2005-06-23	0,16	0,57	0,42	4,3
2005-07-08	0,20	0,50	0,44	4,2
2006-05-09	0,19	0,57	0,35	4,0
2006-05-30	0,16	0,52	0,43	3,8
2006-06-22	0,22	0,50	0,43	4,0
2006-07-11	0,21	0,50	0,46	4,2
Moyenne	0,19	0,53	0,42	4,1
Coeff. Variation (%)	20,2	8,1	9,4	4,1





Conclusions

- Malgré la complexité du modèle phénologique, peu de données requises pour l'exécution
 - Date de semis
 - Températures horaires ou quotidiennes
 - Coordonnées géographiques du site (Lat., Long.)
- Amélioration de la précision des prédictions
 - Température et humidité du sol (à venir)
 - Diversité de cultivars et d'environnement
 - Stress hydriques, stress nutritifs, etc.
- Intégration à un modèle prévisionnel de la fusariose de l'épi
- Adaptation à la phénologie de l'orge en décembre 2008



Merci !

Pour plus d'informations :

- Gaetan.Bourgeois@agr.gc.ca



Agriculture et Agroalimentaire Canada / Agriculture and Agri-Food Canada



**Le nématode à kyste du soja:
un survol**

Guy Bélair
CRDH, Saint-Jean-sur-Richelieu

Introduction

- Nématode à kyste du soja *Heterodera glycines* (NKS) est le nématode à kyste le + répandu aux États-Unis
- Endoparasite obligatoire
- Spectre de plante hôte beaucoup + large que nématode doré *Globodera rostochiensis* (= pomme de terre, tomate, aubergine)
- Survie 10 ans et + sans plante hôte
- Cycle de vie très similaire au nématode doré

Forme du kyste



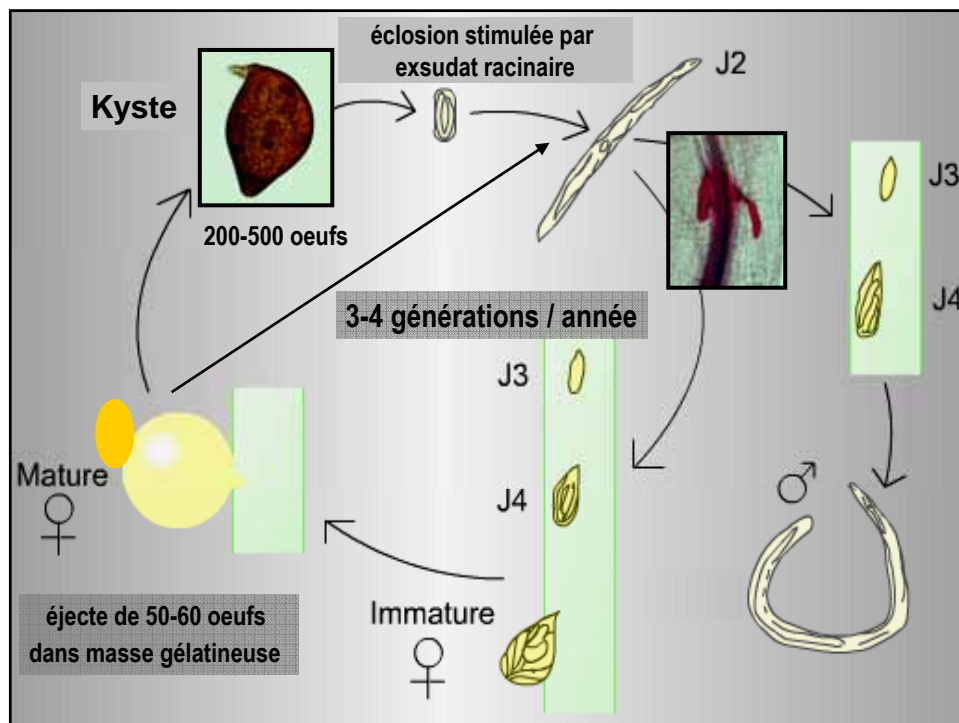
« **citron** »

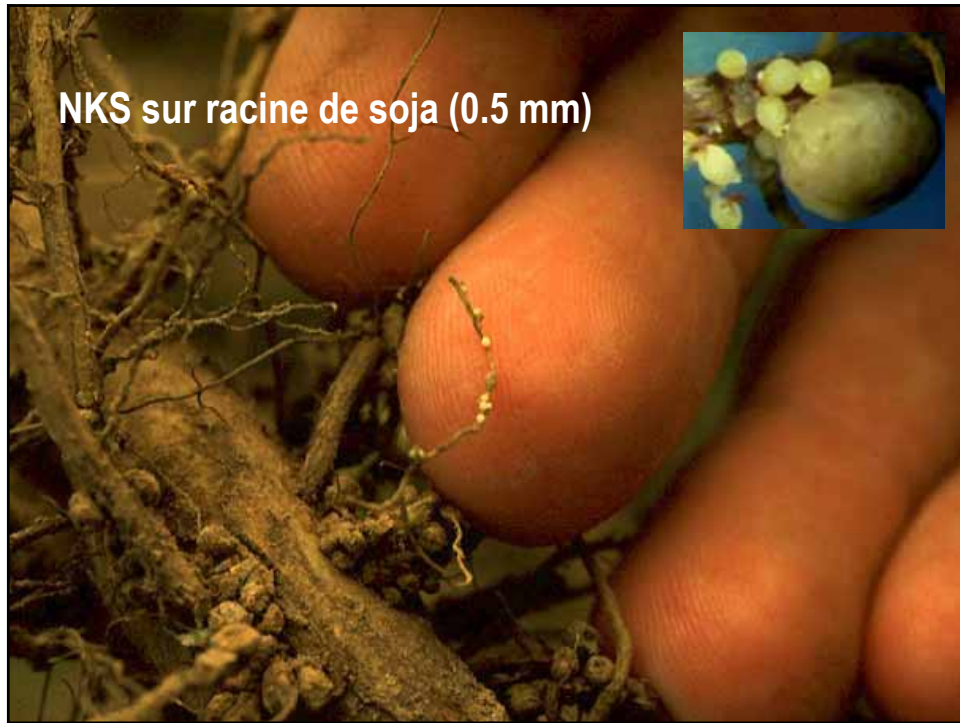
ex. *Heterodera glycines*



« **globulaire** »

ex. *Globodera rostochiensis*

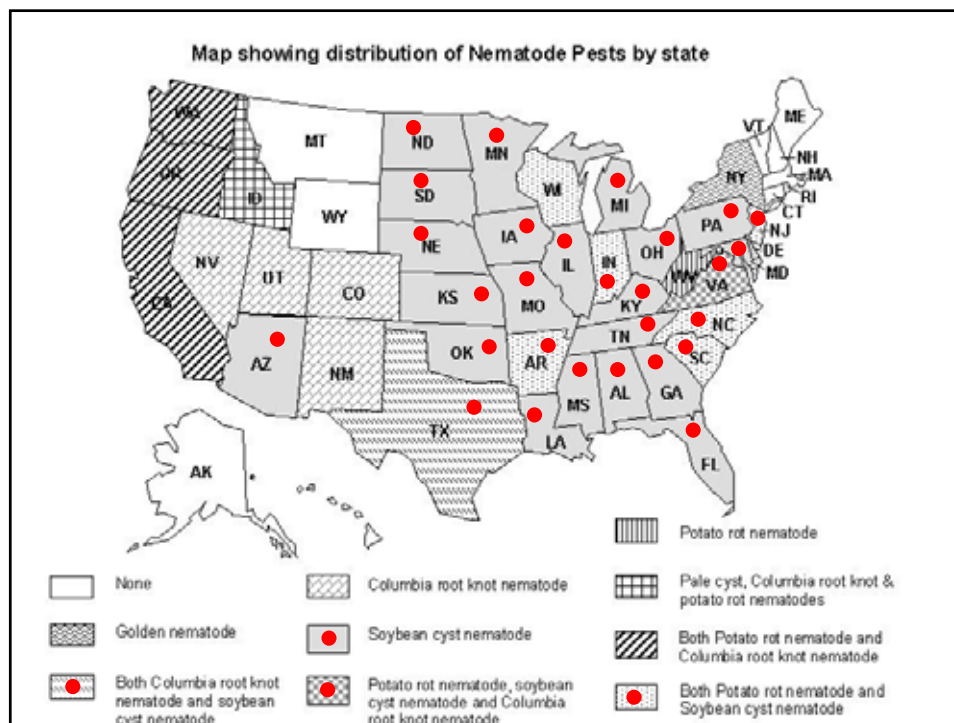




Introduction ... la suite

- Dans les années 1880, il est trouvé au Japon
- En 1954, il est rapporté en Caroline du Nord
- Rapidement, NKS envahi le «Midwest » américain
- Aujourd'hui, NKS est présent dans **tous** les états producteurs de soja du « Midwest »

7



Pertes causées par NKS aux É-U

- Aux É-U, les pertes totales de rendement causées par **NKS** étaient plus élevées que celles causées par toute autre maladie (**≈50%**)
- Suivaient, en importance:
 - le mildiou *Phytophthora sojae*
 - la pourriture brune de la tige *Phialophora gregata*
 - le pourridié sclérotique *Sclerotinia sclerotiorum*
 - les maladies des semis
- En 1998, perte estimée à 6 millions de tonnes

9

Introduction ... la suite

- Au moins **16 races** de NKS morphologiquement semblables, mais physiologiquement différentes
- Plus de **1,100 espèces** de végétaux sont jugés être des hôtes possibles du NKS
- Le soja, *Glycine max*, est la seule culture d'importance économique qui peut être gravement attaquée
- Parmi les autres espèces hautement sensibles, mentionnons les haricots (*Phaseolus*), le trèfle du Japon (*Lespedeza*), la vesce (*Vicia*) et les lupins ornementaux (*Lupinus*)

10

Hôtes du NKS

Hôtes favorisant une forte reproduction du NKS	Cultures ne servant pas d'hôte ou ne servant que peu à la reproduction du NKS
Soja	Maïs
Haricot sec	Blé
Haricot rognon	Avoine
Haricot mungo	Trèfle
Haricot adzuki	Luzerne
Haricot vert	Lotier corniculé

Multitude de mauvaises herbes = plante hôte

- + de 23 familles différentes

Boraginacées

Labiées

Brassicacées

Légumineuses

Capparidacées

Scrophulariacées

Caryophyllacées

Solanacées

Chenopodiacees

Parmi les mauvaises herbes, mentionnons:

– la céréaiste vulgaire *Cerastium fontanum*
(Caryophyllacées)



– le lamier amplexicaule *Lamium amplexicaule*
(Lamiacées)



– la stellaire moyenne *Stellaria media*
(Caryophyllacées)



13

Symptômes au champ



NKS au Canada

- a été signalé pour 1^{ière} fois dans le sud-ouest de l'Ontario en 1987
- En 2008, NKS est retrouvé dans 17 comtés
- Dans 6 comtés = nouvellement détecté
- Ces 6 comtés seront échantillonnés à nouveau pour connaître le niveau d'infestation
- Les populations de NKS au champ peuvent comporter un mélange de plusieurs races

15

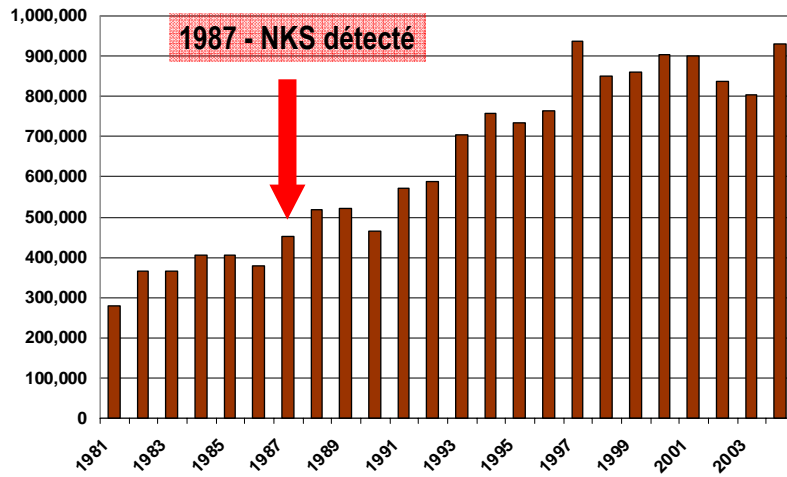
Production de soja en Ontario

- En 2006, au total **940,000 ha** en soja
- Selon les 4 grandes régions

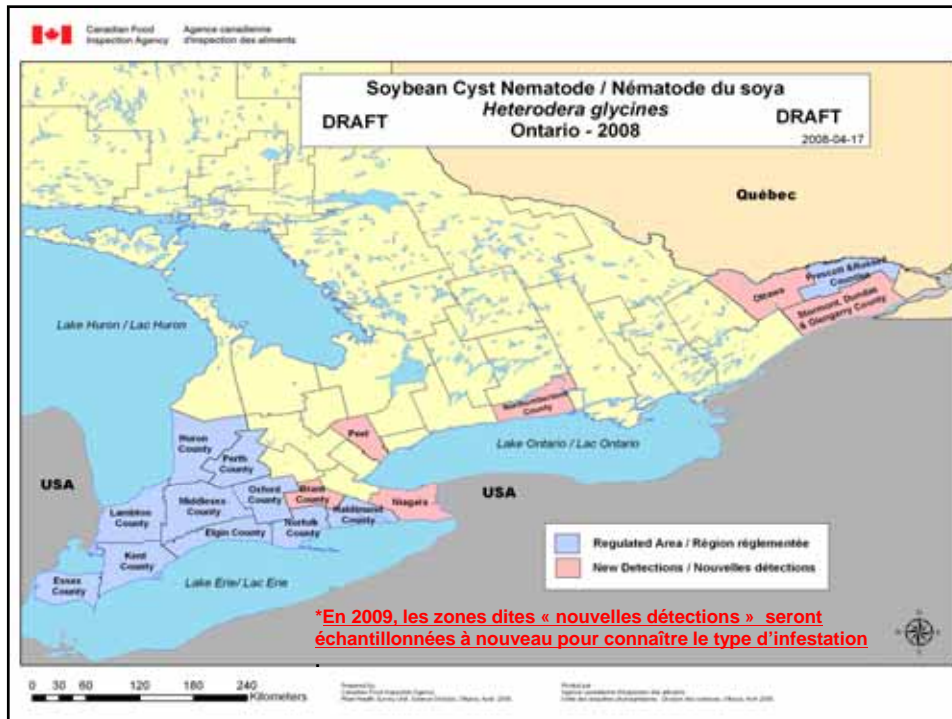
Sud	529,000 ha
Ouest	240,400 ha
Centre	67,500 ha
Est	101,000 ha

16

Superficie (ha) en soja en Ontario

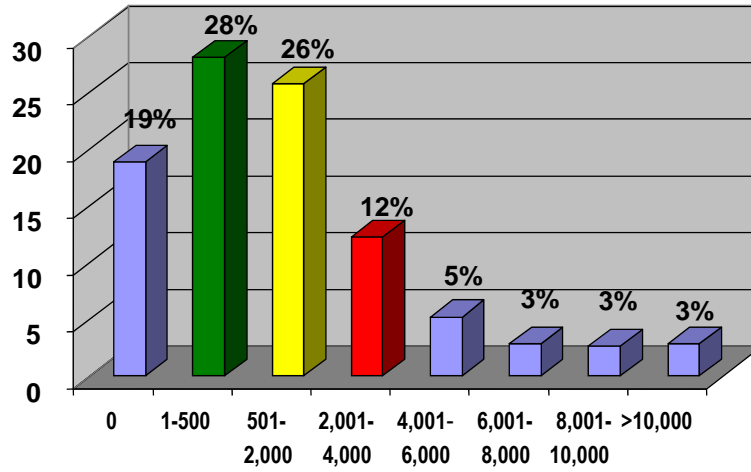


17



Distribution (%) des densités d'oeufs au champ

424 champs en Ontario

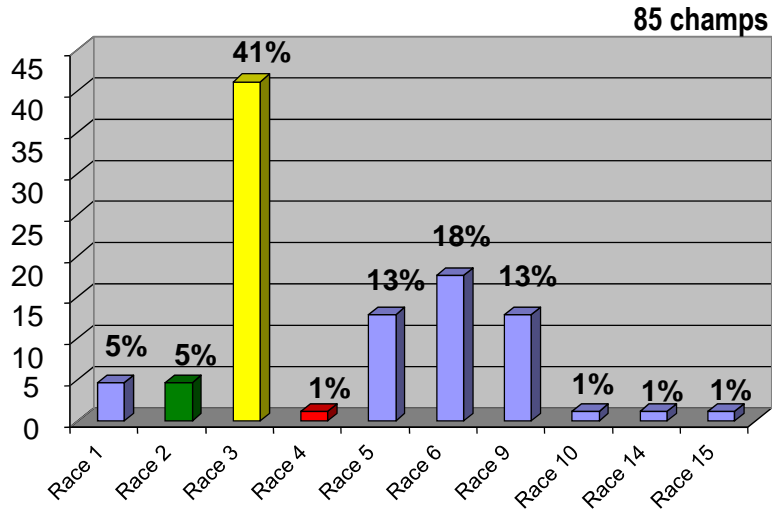


T. Welacky, AAC, Harrow

19



Proportion des races du NKS en Ontario



T. Welacky, AAC, Harrow

21

NKS au Québec!

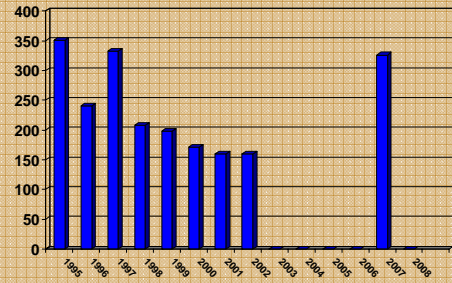
Possible?

22

Échantillonnage fait au Québec (ACIA)

- Au Québec, NKS ≠ haute priorité (gère des crises)
- Effort d'échantillonnage = 1 échantillon de sol / acre
- ACIA est ouvert aux suggestions pour faire davantage (communication de Robert Favrin, ACIA)

Nombre total (1995-2008) = 2146 éch.
Superficie échantillonnée = 860 ha



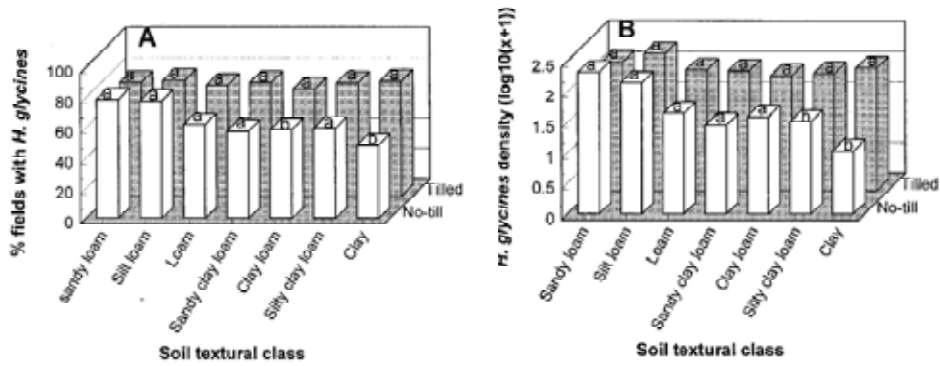
23

Au Québec, le soja se fait:

Argile	30%
Loam	52%
Sable	18%

24

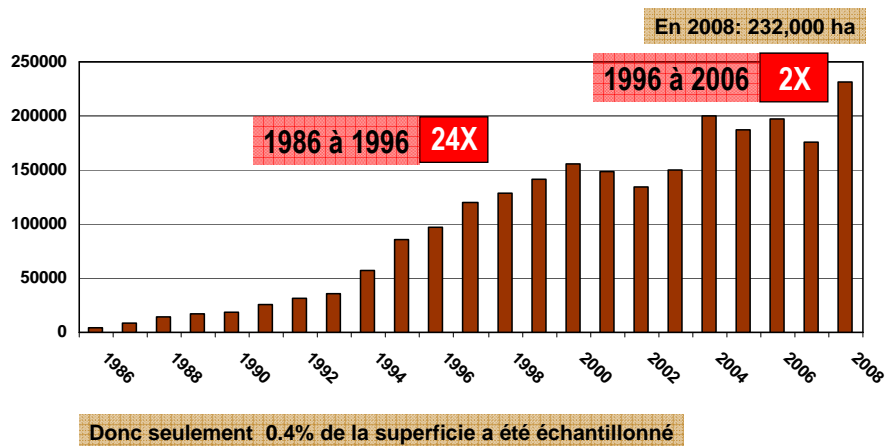
Type de sol vs NKS



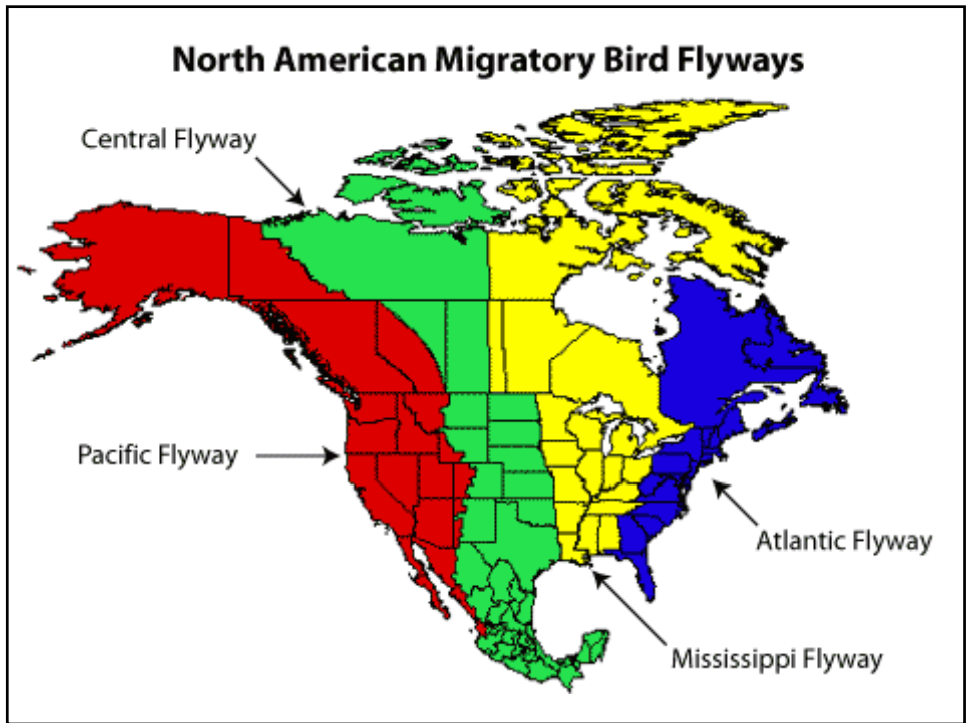
Référence: Workneh et al. 1999. *Phytopathology* 89:844-850. N=1462 champs dans 5 états des É-U

25

Superficie (ha) en soja au Québec



26



**Disons que les probabilités
sont très élevées
et qu'elles vont continuées
d'augmenter**

29

Survie NKS / Tube digestif des oiseaux noirs

TABLE 1. Recovery and infectivity of soybean cyst nematodes after passage through the digestive tract of blackbirds.

Material ingested	Post-feeding cyst recovery		Soybean bioassay
	0-24 hours	24-48 hours	30 days after inoculation
300-400 cysts/bird	85 cysts	60 cysts	75 - 100 females/plant
Cysts in feed	33 "	115 "	100+ "
Cyst-infested soil in feed	15 "	39 "	20 - 40 "
Eggs and larvae	300 eggs & larvae	150 eggs & larvae	10 - 20 "

Référence: Epps. 1971. *J. Nematol.* 3: 417-419.

30

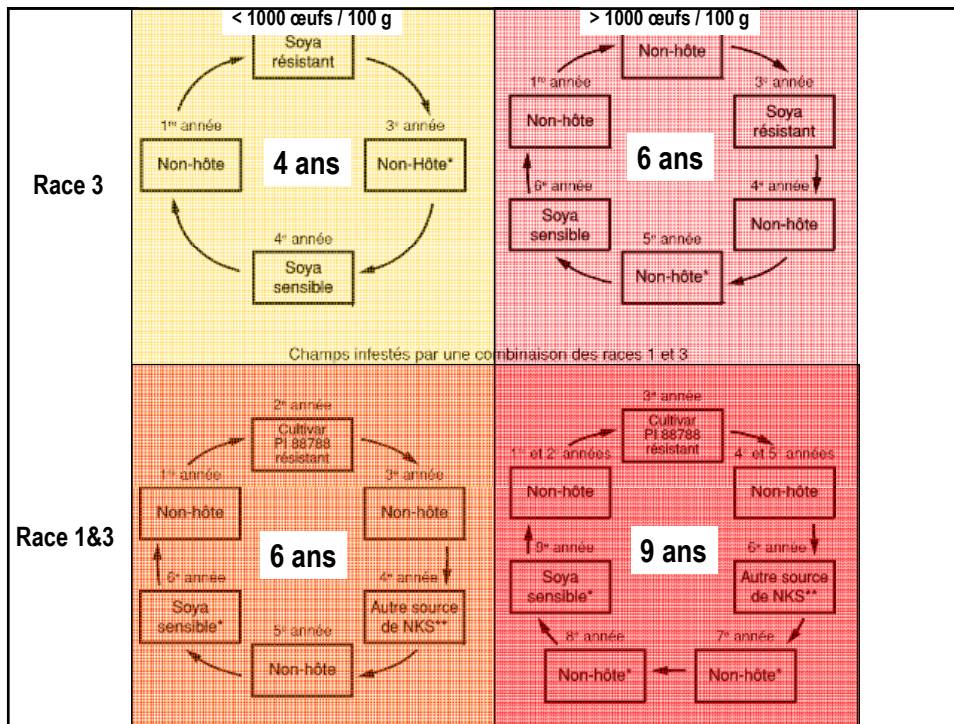
Stratégies de lutte

- Utiliser des **semences certifiées** ou propres, de bonne qualité et exemptes de ravageurs terricoles.
- Enlever à grande eau toute terre collée aux machines agricoles avant de passer d'un champ ou d'un terrain infesté à l'autre.
- Adopter des pratiques de conservation adéquates pour **empêcher le transfert de terre entre les champs**.
- Être rigoureux dans la **lutte contre les mauvaises herbes**.

31

Risque de perte de rendement associé à différents niveaux de population de NKS

Population de NKS (oeufs/100 g de sol)	Risque	Perte de rendement possible	Rotation
0 - 500 (sols grossiers et sableux)	Faible	0 - 20%	4 ans
0 - 1 000 (sols fins limoneux ou argileux)	Faible	0 - 20%	4 ans
1 000 (sols grossiers et sableux)	Élevé	20 - 50%	6 ans
2 000 (sols fins limoneux ou argileux)	Élevé	20 - 50%	6 ans
10 000 (tous les types de sols)	Les cultivars résistants risquent d'être endommagés	50 - 100%	Non-hôte



Really stick it to SCN.

Are soybean cyst nematodes robbing your yields? They're tiny. They're sneaky. They're knocking heads with soybean yields all over the country. While you're getting soybean cyst nematode (SCN) can be tricky. Infections can continue beneath the surface for years before symptoms become evident.

When they're tiny, adult SCNs are visible to the naked eye.

Soil testing is your best weapon. SCN spreads by wind, water, machinery, seed, animals and farm workers. It's nearly impossible to stop distribution, so soil testing is critical to controlling SCN. In fact, a soil test is the only way to know whether a field is infested.

Don't go it alone. Help is available. Special management options for SCNs impact on yield and profit. Crop rotation, nitrogen management and SCN-resistant varieties can bring the infestation under control. Help is available from the newly formed SCN coalition. If you'd like information on testing and management, contact the SCN Coalition today.

Take the test. Beat the pest.

The SCN
Coalition

Partners in the soybean challenge!



Performance des variétés résistantes en sol infesté

Variety	Average of 6 Tests (2006-2008)		Average of 4 Tests (2007-2008)	
	Maturity	Yield Index (%)	Maturity	Yield Index (%)
DH410	110	111	109	115
S18-R6	110	120	109	124
HS 13RS52*	--	--	109	116
Sherwin	112	127	109	126
SG1911NRR*	111	112	111	120
HS 22R60*	114	105	113	108
RR Respond*	113	117	113	125
S23-T5	--	--	113	133
30-07R*	114	126	114	134
RC2220*	114	127	114	130
PS 90 NRR*	117	116	116	119
31-53R*	--	--	118	132
31-52R*	118	122	118	126
5N262RR*	120	107	119	112
S26-F9	120	123	119	129
32-04R*	120	117	119	123
32-05R*	--	--	120	132
32-54VR*	--	--	123	125
32-52R*	124	138	123	143
32-51R*	124	119	123	118
PS 99 VRR*	125	121	125	123
Storm*	126	99	126	108
HS 26RS23*	--	--	126	131
^a Susceptible Yield Index is:	100%		100%	
Susceptible Yield (RR):	3.09 T/ha or 45.8 bu/ac		2.90 T/ha or 43.0 bu/ac	
Susceptible Yield (Conv):	2.90 T/ha or 43.1 bu/ac		2.61 T/ha or 38.7 bu/ac	
* Roundup Ready (RR) varieties, tested under a RR management system.				
* Susceptible Yield Index is based on three high yielding susceptible varieties.				
Test locations had low to moderate SCN infestations (2,000 to >4,000 eggs/100g of soil).				

37

Importation de semences certifiées

- Réglementée depuis 1973, afin d'empêcher l'introduction du NKS dans les régions canadiennes qui en sont exemptes.
- NKS peut être introduit dans des agrégats de sol de taille et de forme semblables à la semence, qui ne sont pas éliminés par le processus de nettoyage des semences.

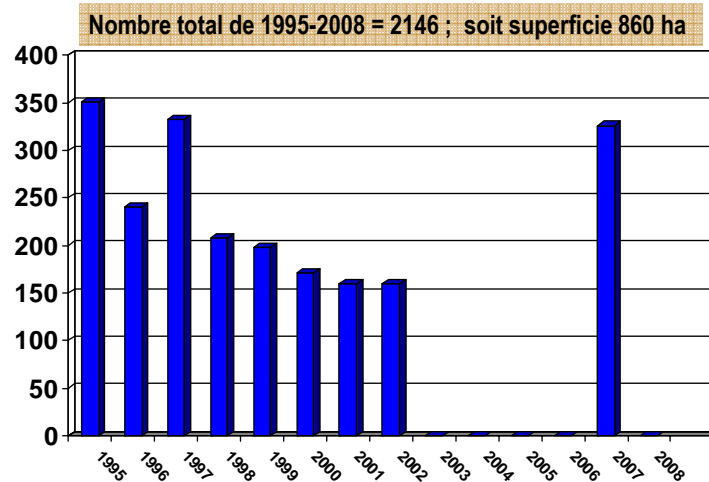
38

ACIA SEMENCE

- Des méthodes de nettoyage qui éliminent les agrégats de sol et les débris végétaux, autres que la méthode de nettoyage à trois reprises par un dispositif spécial en spirale, sont désormais autorisées pour les semences provenant de régions infestées par le nématode à kystes du soja.
- Cette modification est apportée à la demande du secteur et offre une plus grande latitude tout en continuant à empêcher la propagation du nématode.

39

Échantillonnages du NKS au Québec (ACIA)



40

Salle d'extraction à St-Amable





Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Nitrates résiduels dans la culture du maïs grain : est-ce possible de les minimiser?

Noura Ziadi, Annie Claessens et Gilles Bélanger

Centre de Recherche et de Développement sur les Sols et
les Grandes Cultures (CRDSGC)

Canada

Problématique



- ❖ Meilleure gestion de l'azote afin de
 - ❖ ↑ rentabilité économique de la culture du maïs
 - ❖ ↓ les risques de pollution environnementale

- ❖ Une fertilisation N ↑ (excède les besoins de la plante)
 - ↳ Accumulation de N-NO₃ dans le sol
 - ↳ Lessivage ou dénitrification

Comment gérer efficacement N?

Approche



- ❖ L'utilisation des outils de diagnostic de la nutrition azotée en cours de saison pour ↓ risques d'accumulation de N-NO₃ dans le sol
- ❖ Trois outils testés
 - 1) **Plante entière** : Mesure de l'indice de nutrition azoté (INA)
 - 2) **Partie de la plante** : La concentration en N de la dernière feuille ligulée (N_F) au stade végétatif
 - 3) **Partie de la plante** : L'indice de chlorophylle relatif de la dernière feuille ligulée (ICR)

Hypothèse



Les nitrates résiduels (N-NO₃) à la récolte du maïs peuvent être maintenus à des niveaux raisonnables (< 40 mg N-NO₃ kg⁻¹ sol; **Geypens et al., 2005**) lorsque l'apport de N est basé sur des outils de diagnostic de la nutrition azotée

Objectif

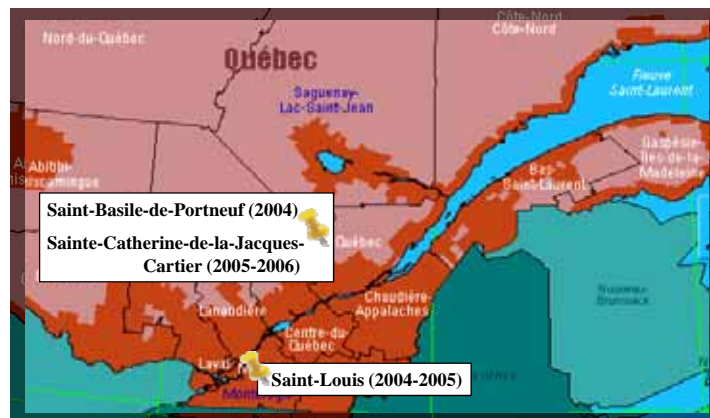


Étudier les relations entre les nitrates en fin de saison de croissance et à la récolte et les outils de diagnostic de la nutrition azotée dans la culture du maïs-grain

Méthodologie



❖ **Étude réalisée au Québec à cinq sites-années (2004-2006)**



Caractéristiques des sites

Informations	2004		2005		2006
	St-Louis	St-Basile	St-Louis	Ste-Catherine	Ste-Catherine
Teneur du sol en sable, %	65	83	69	86	82
N-NO ₃ au printemps, mg kg ⁻¹	37.9	46.2	4.1	3.3	0.6
Matière organique, g kg ⁻¹	15.8	40.0	23.0	59.0	52.0
Précédent cultural	soya	pomme de terre	maïs	pomme de terre	pomme de terre
Précipitations, mm					
semis à la récolte	550	595	817	827	489
moyenne de 30 années	607	759	607	759	759
stade laitieux à la récolte	153	195	486	356	221

↗ ↗ ↗

Méthodologie

❖ Traitements

❖ Six doses N : 20, 50, 100, 150, 200 et 250 kg N ha⁻¹

❖ 1^{re} application : 20 kg N ha⁻¹ au semis

❖ 2^e application aux stades V8 ou V10

❖ Parcelles de saturation à chaque site

❖ 250 kg N ha⁻¹ au semis

❖ Dispositif en blocs complets aléatoires

❖ 4 répétitions

Méthodologie



❖ Échantillonnage des plantes

- ❖ 8 semaines 2004, 7 semaines 2005 et 6 semaines 2006



- ❖ Prélèvement de biomasse aérienne et de disques foliaires (MS et analyse pour N)
- ❖ Lecture de chlorophylle

❖ Échantillonnage des sols

- ❖ 2 fois par année (0-90 cm) : au stade laitieux (R3) et à la récolte
- ❖ Mesure de la teneur en N-NO_3 (KCl-2M)

Outil 1 : Indice de la nutrition azotée (INA)

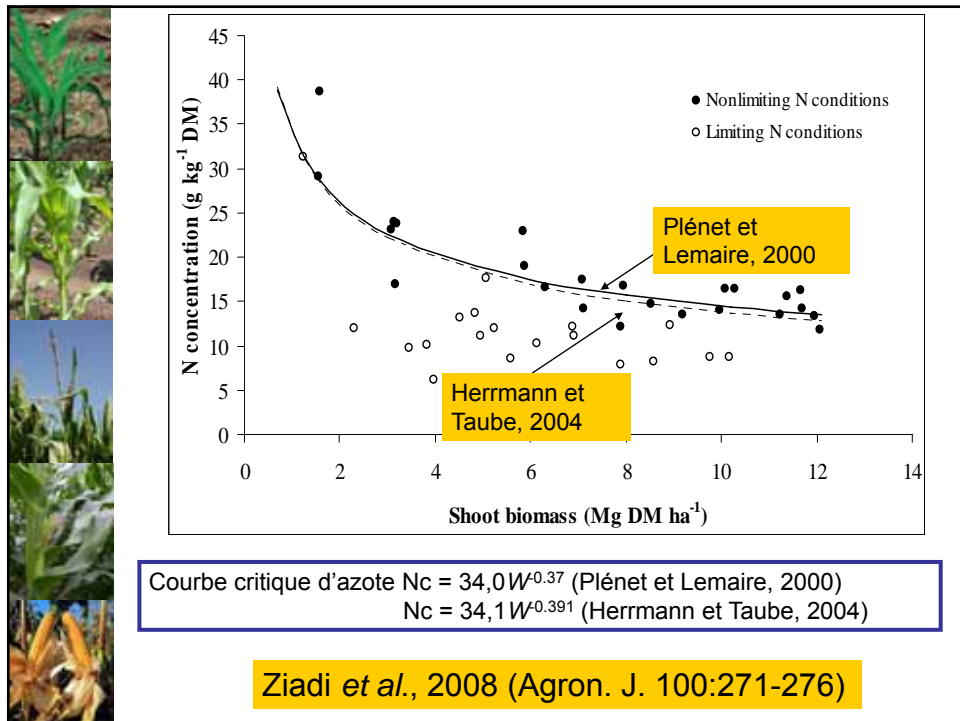
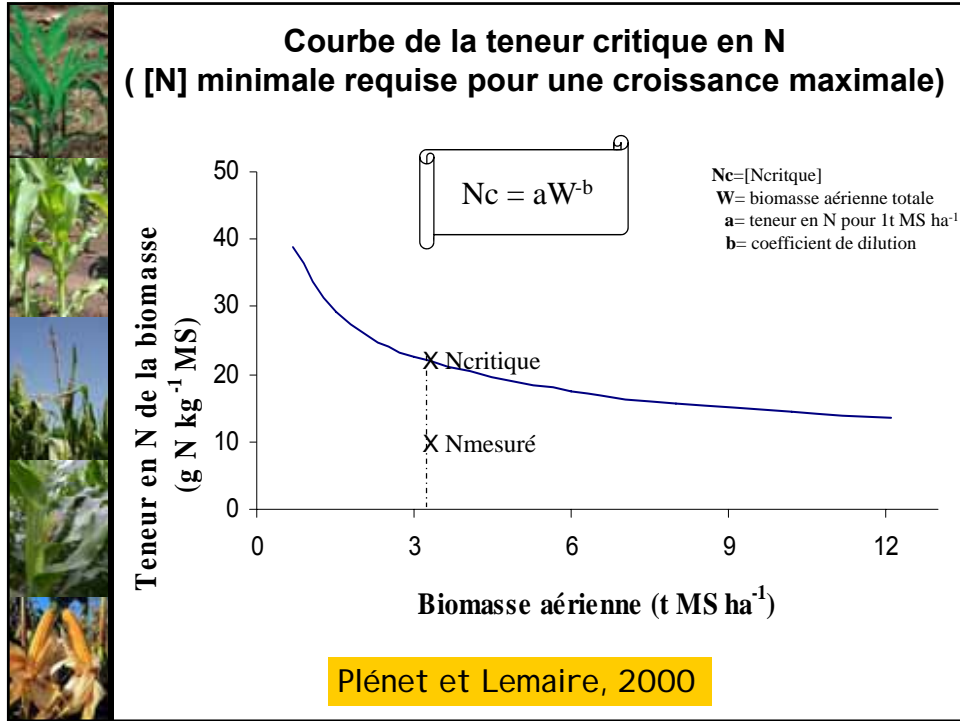


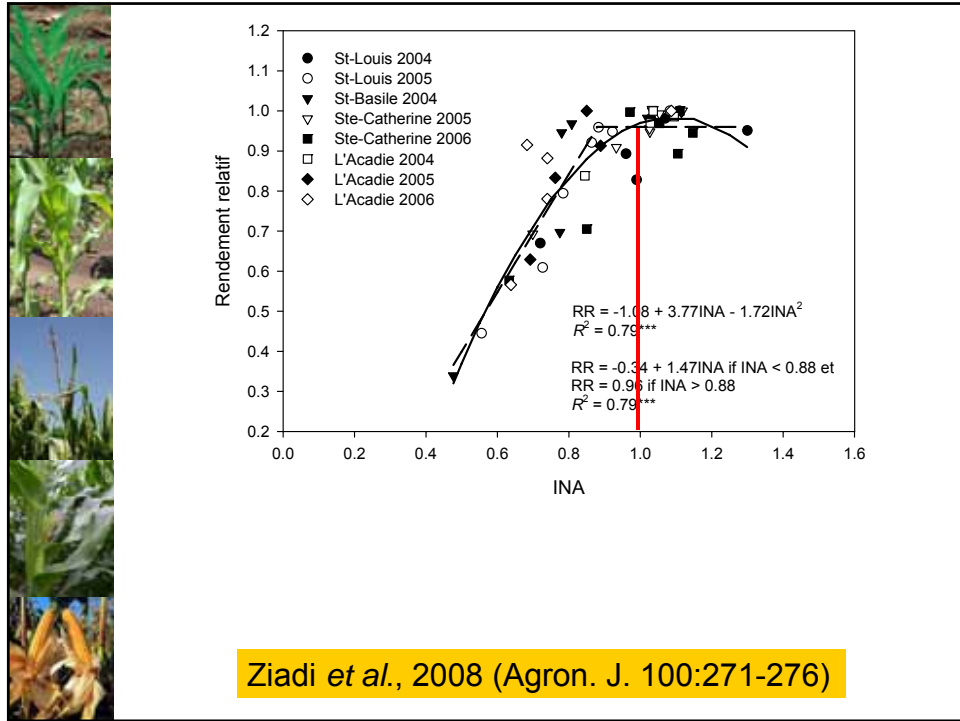
Information sur le statut nutritif de la plante

$$INA = \frac{N \text{ mesuré}}{N \text{ critique}}$$

INA < 1 Carence azotée

INA ≥ 1 Suffisance azotée

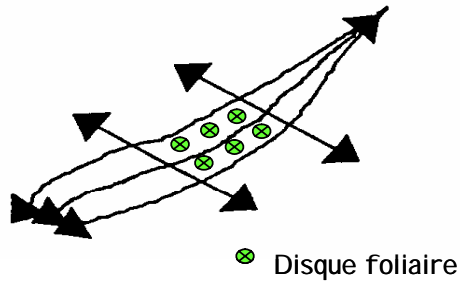




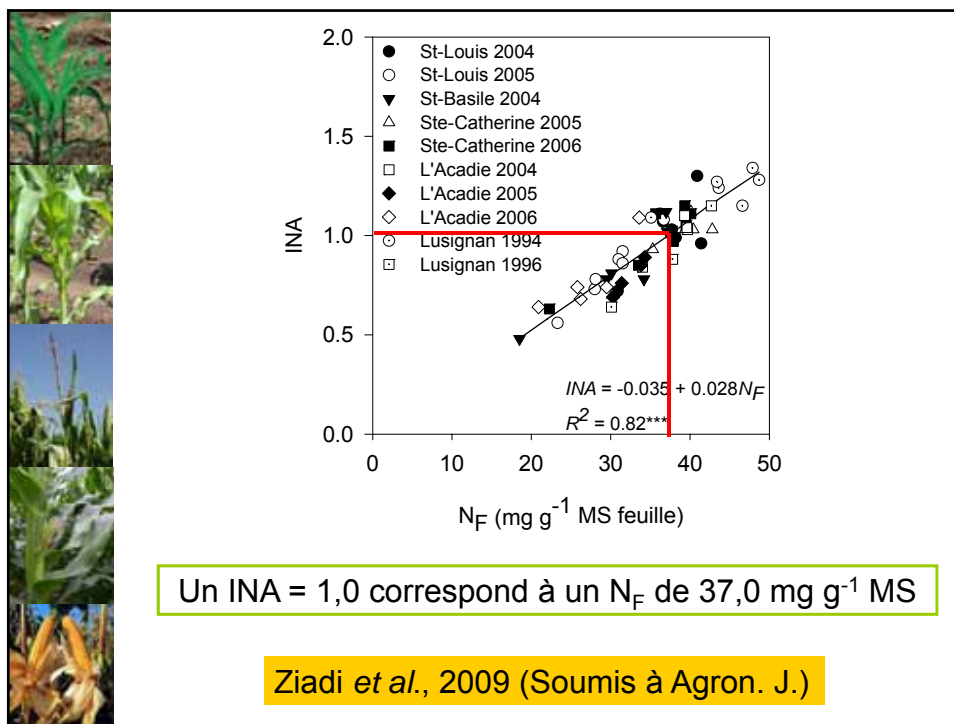
Outil 2 : La concentration en N de la dernière feuille ligulée (N_F)



Information sur le statut nutritif de la plante



6 disques foliaires prélevés sur 10 ou 20 plantes



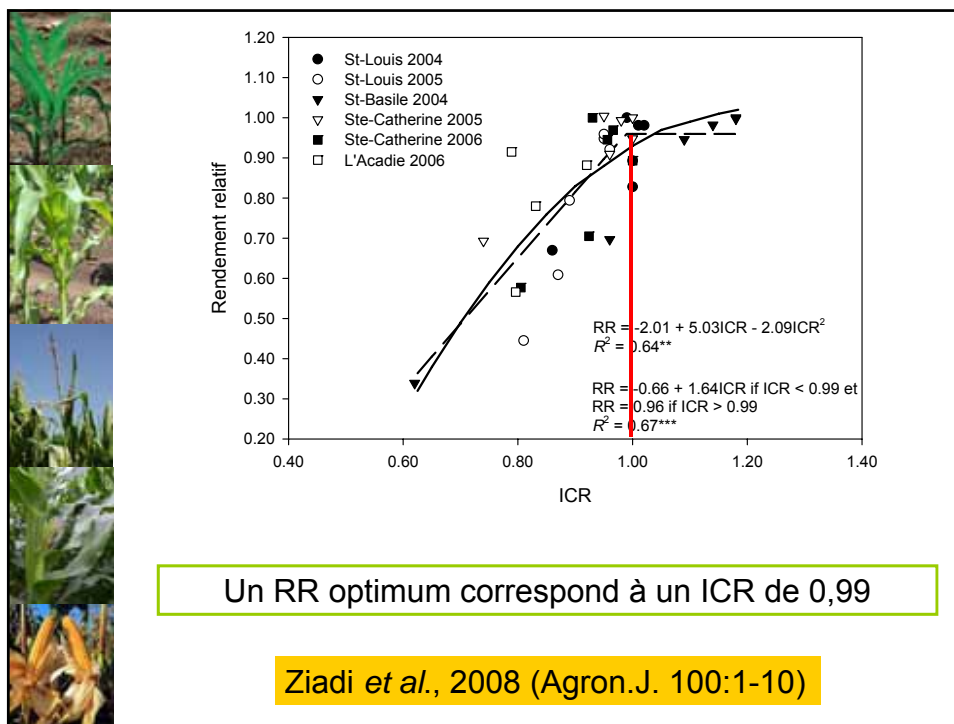
Outil 3 : L'indice de chlorophylle relatif de la dernière feuille ligulée (ICR)



Information sur le statut nutritif de la plante

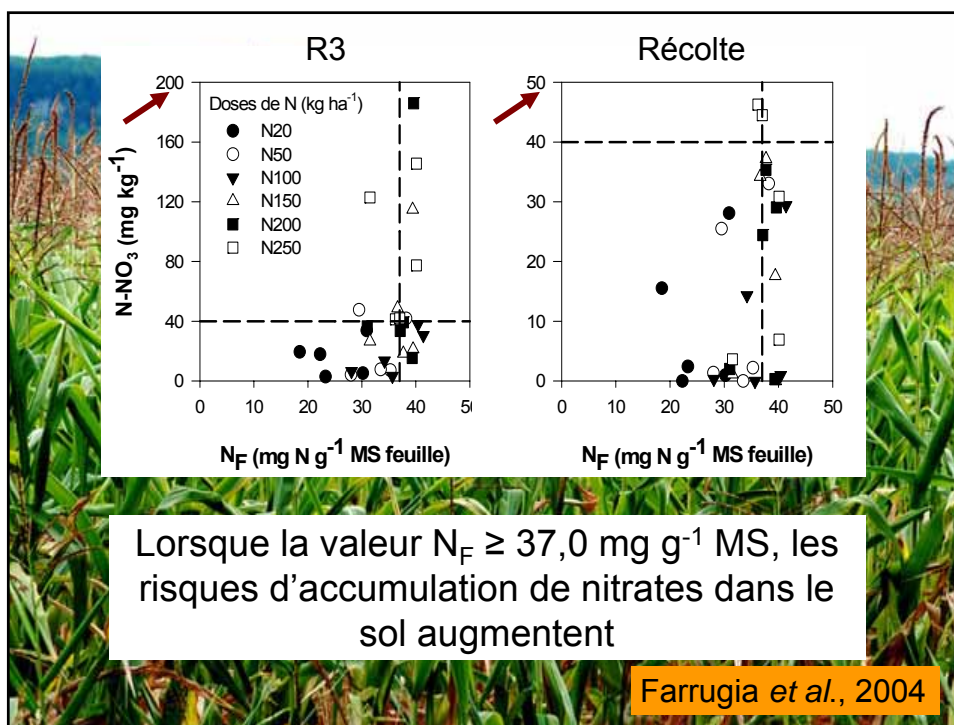
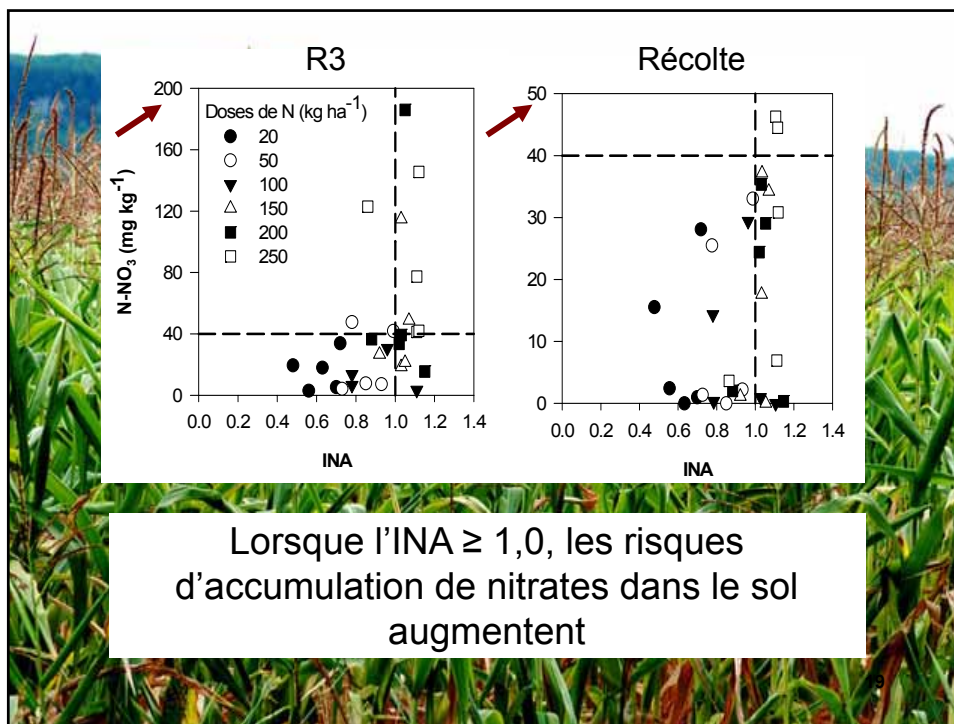


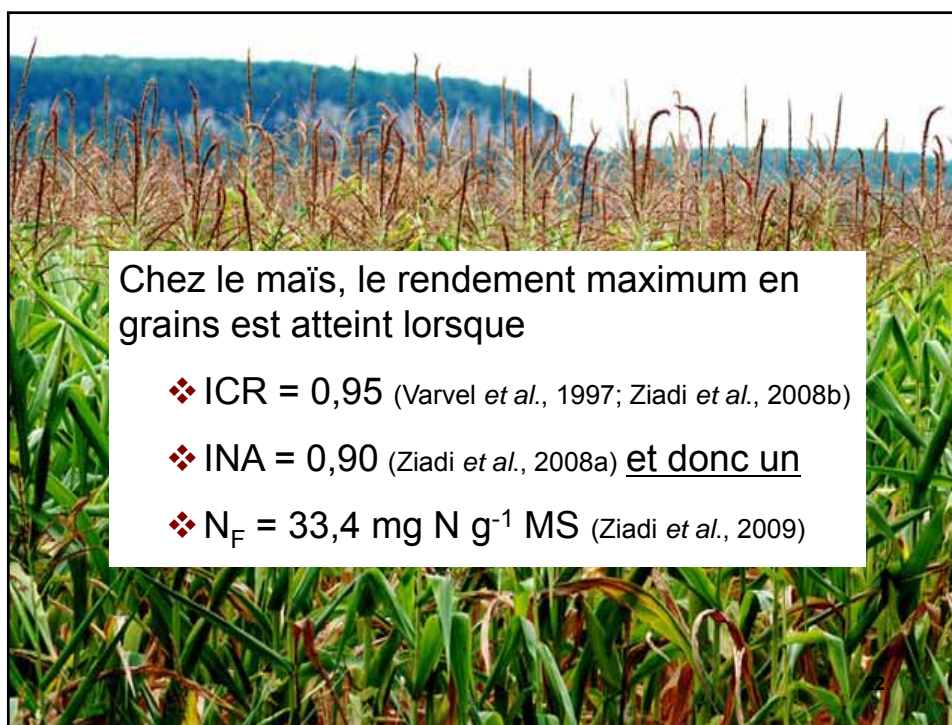
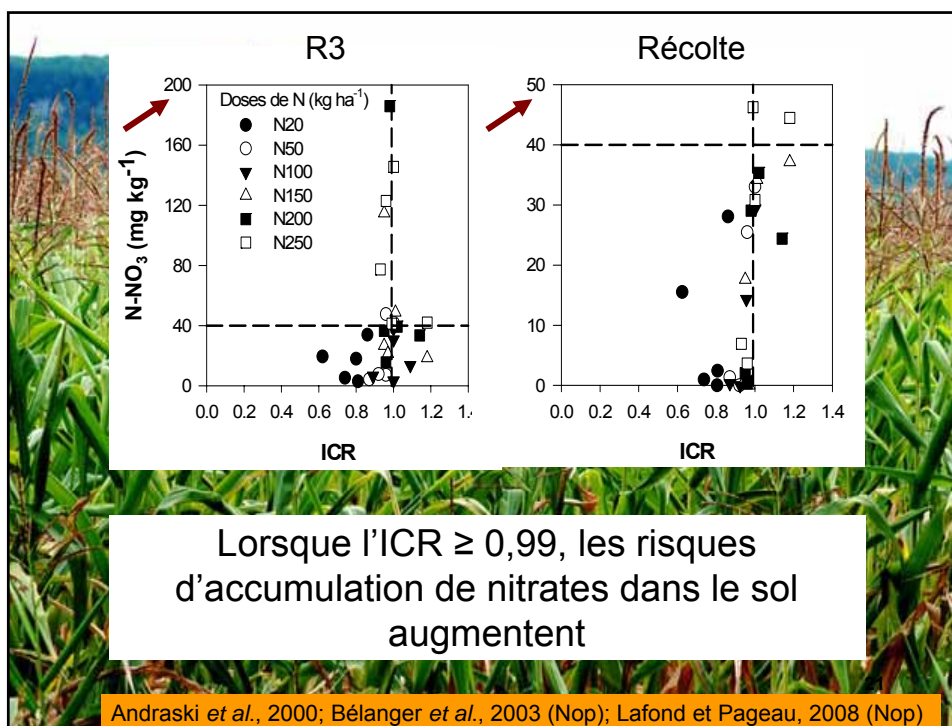
Minolta SPAD-502



Résultats

Dates	Doses de N (kg N ha ⁻¹)						
	20	50	100	150	200	250	
	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹ sol)						
	St. Louis 2004						→
18 Aug.	33.8	41.8	30.6	48.7	39.2	41.2	ns
14 Oct.	28.1	33.0	29.4	34.2	35.4	46.3	**
	St. Louis 2005						
17 Aug.	2.9	4.1	6.5	26.5	36.5	122.8	**
24 Oct.	2.4	1.4	0.3	1.1	2.0	3.6	ns
	St. Basile 2004						
26 Aug.	19.4	47.6	13.6	18.4	33.5	41.9	ns
15 Oct.	15.5	25.5	14.3	37.1	24.4	44.5	ns
	Ste-Catherine 2005						
24 Aug.	5.2	7.2	37.9	114.7	185.9	145.5	***
7 Oct.	1.0	2.2	0.9	17.6	29.1	30.8	**
	Ste. Catherine 2006						
24 Aug.	17.9	7.7	3.3	21.2	15.4	77.3	*
5 Oct.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.9	**





Recommandations

Pour maintenir les teneurs en nitrates $< 40 \text{ g N-NO}_3 \text{ kg}^{-1}$ et le rendement en grain optimum, les producteurs ne devraient appliquer d'engrais azoté que lorsque

- ❖ l'INA est $< 0,90$
- ❖ N_F est $< 33,4 \text{ mg N g}^{-1} \text{ MS}$, ou que
- ❖ l'ICR est $< 0,95$ au stade végétatif

Conclusion

L'INA, N_F et l'ICR semblent donc intéressants pour s'assurer de minimiser les risques d'obtenir des niveaux élevés de nitrates dans les sols en fin de saison de croissance dans la culture du maïs-grain

Remerciements



Programme PFFI (AAC et SynAgri S.E.C.) et GAPS (AAC)

L'équipe de recherche chez AAC, Québec

**Alain Larouche, Sylvie Michaud, Danielle Mongrain,
Marianne Brassard et Louis Lefebvre**

