



# Irrigation : taux d'utilisation de l'azote des engrais et pertes de nitrates

Christine Landry, Ph.D., biologiste, agronome, chercheure

Carl Boivin, M.Sc., agronome, chercheur

IRDA, Québec

## Collaborateurs :

**Luc Belzile**, M.Sc., agronome, économiste; **Julie Mainguy**, agronome, attachée de recherche; **Danièle Pagé**, technicienne agricole; **Paul Deschênes**, M.Sc., agronome, professionnel de recherche; et **Stéphane Nadon**, technicien agricole, IRDA

**Daniel Bergeron**, agronome, conseiller horticole, MAPAQ, DRCN

**Serge Bouchard**, technicien agricole, conseiller technique, MAPAQ, DRBSL

---

## Introduction

La pomme de terre présente des besoins élevés en azote (N) et les sols sableux en fournissent peu. Des quantités importantes d'engrais doivent donc être apportées. Toutefois, le coefficient d'utilisation apparente (CUA) du N de l'engrais par la pomme de terre est faible, souvent sous les 50 %. Le reste devient sujet à des pertes par lessivage dans ces sols à drainage rapide. On comprend ainsi qu'il y a un risque accru de lessivage des nitrates sous irrigation, surtout si celle-ci est conduite sans repère propre au sol en culture. Conséquemment, il y a un gain certain à vérifier les bénéfices découlant de l'adoption d'une gestion raisonnée de l'irrigation sur le CUA du N des engrais. Une telle gestion, qui tient compte de la capacité effective de rétention en eau du sol, permettrait le maintien d'une humidité optimale dans le sol, favorisant un meilleur prélèvement du N des engrais, tout en minimisant la perte d'eau excédentaire et des nitrates qu'elle contient. C'est pourquoi un projet évaluant l'impact de différentes consignes d'irrigation sous gestion tensiométrique sur l'utilisation du N des engrais, la perte de nitrates par lessivage et le rendement de cultivars hâtif et tardif en pommes de terre a été initié au Centre de recherche de Deschambault de l'IRDA (Institut de recherche et de développement en agroenvironnement). Ce projet vise à optimiser l'utilisation des ressources eau et N dans la culture de la pomme de terre afin de maximiser les gains économiques et environnementaux par l'établissement de meilleures pratiques de gestion de l'irrigation.

## Modes d'irrigation et fertilisation azotée à l'essai

Le projet, d'une durée de deux ans, a démarré en 2009. Deux cultivars de maturités différentes étaient utilisés, soit la Russet Burbank (Russet B.) comme cultivar tardif et la Norland comme cultivar plus

hâtif. Deux seuils de déclenchement de l'irrigation étaient testés, soit à 50 % de la réserve utile (RU) et à 65 % de la RU. Les cinq traitements comparés étaient :

- (1) plant non irrigué et non fertilisé en N ( $I_0-N_0$ );
- (2) plant irrigué à 65 % de la RU mais non fertilisé en N ( $I_{65\%}-N_0$ );
- (3) plant non irrigué mais fertilisé en N ( $I_0-N$ );
- (4) plant irrigué à 50 % de la RU et fertilisé en N ( $I_{50\%}-N$ );
- (5) plant irrigué à 65 % de la RU et fertilisé en N ( $I_{65\%}-N$ ).

Ces traitements étaient répétés quatre fois selon un dispositif en tiroirs de 40 parcelles. Le 27-0-0 a été utilisé comme engrais azoté. La Norland a été récoltée les 1<sup>er</sup> et 16 septembre 2009 et 2010, respectivement. La Russet B. a été récoltée les 16 et 18 octobre 2009 et 2010, respectivement. Le CUA du N a été calculé comme étant la différence entre le N total prélevé par les plants et le N fourni par le sol seul, la balance étant attribuée aux engrais, puis rapportée sur la quantité totale de N apporté par fertilisation. Les consignes de déclenchement de l'irrigation et les volumes d'eau à apporter ont été calculés selon les propriétés physiques du sol. Chacune des parcelles était équipée d'un tensiomètre et d'un lysimètre. L'irrigation par aspersion se faisait indépendamment pour chacune des parcelles. L'eau des lysimètres était récoltée chaque semaine pour doser le nitrate ( $N-NO_3$ ) lessivé sous les 60 centimètres de sol. Les objectifs du projet étaient d'évaluer l'impact des consignes d'irrigation :

- (a) le développement et la nutrition des plants de pommes de terre;
- (b) l'efficacité d'utilisation de l'azote des fertilisants par la culture;
- (c) les rendements et la qualité des tubercules;
- (d) les pertes d'azote par lessivage des nitrates.

## Sommaire des résultats

Les deux saisons à l'étude ont été très contrastées. L'été 2009 a été pluvieux, mais a tout de même connu deux périodes plus sèches à des dates importantes dans le développement et la maturation des tubercules (fin juin et mi-août à mi-septembre). De son côté, l'été 2010 a été chaud et sec. Le printemps est arrivé deux semaines avant la normale et le sol s'est réchauffé rapidement. À chacune des années, les plants  $I_{65\%}-N_0$  ont donc reçu plus d'épisodes d'irrigation que ceux ayant une consigne à 50 % de la RU, permettant ainsi leur comparaison.

### *Rendement en tubercules et qualité*

La fertilisation N a eu un impact majeur sur les rendements vendables des deux cultivars à chacune des années (Figures 1 et 2), avec jusqu'à 23 t  $ha^{-1}$  de plus de tubercules pour les plants fertilisés en N. L'impact de l'irrigation a été plus modulé (Figures 1 et 2). En 2009, année plus pluvieuse, l'irrigation n'a pas eu d'impact significatif sur les rendements vendables des plants fertilisés en N. Par contre, en 2010, l'irrigation a eu un impact, variable selon le cultivar. Ainsi, dans le cas de la Norland, le rendement vendable s'est abaissé de 5 t  $ha^{-1}$  ( $P=0,07$ ) avec l'irrigation à 65 % de la RU, comparativement aux autres parcelles fertilisées en N ( $I_0-N$  et  $I_{50\%}-N$ ). À un prix de 302 \$  $t^{-1}$

(FPPTQ, 2011a), ceci représente une perte de 1 510 \$ ha<sup>-1</sup>. De plus, l'irrigation à 50 % de la RU, sans nuire, n'a pas procuré de bénéfices sur le plan du rendement vendable.

Il faut toutefois considérer que ce cultivar, hâtif, a eu moins de temps pour tirer profit de l'irrigation que le cultivar tardif. En effet, dans les parcelles I<sub>50%</sub>-N, les dernières irrigations du cultivar Norland ont été effectuées le 30 juillet pour une récolte le 1<sup>er</sup> septembre, tandis que pour la Russet B., des irrigations ont eu lieu jusqu'au 2 septembre, pour une récolte le 18 octobre. D'ailleurs, dans le cas de la Russet B., 4,6 t ha<sup>-1</sup> de rendement vendable de plus ont été produites avec une irrigation à 50 % de la RU ( $P < 0,05$ ) (Figure 2), comparativement aux parcelles non irriguées I<sub>0</sub>-N. À un prix de 302 \$ la tonne (FPPTQ, 2011a), ceci représente un revenu additionnel de 1 389 \$ ha<sup>-1</sup>. Par contre, une irrigation plus intensive, à 65 % de la RU, n'a pas apporté de bénéfices, comparativement aux parcelles non irriguées I<sub>0</sub>-N.

En ce qui a trait à la qualité de la récolte, aucun impact, ni de la fertilisation, ni de l'irrigation, n'a été mesuré sur le poids spécifique à aucune des années.

En ce qui concerne les maladies, aucun effet n'a été mesuré en 2009. Toutefois, en 2010, une baisse du taux de gale est rapportée pour le cultivar Norland en présence d'irrigation, que les plants soient ou non fertilisés en N. Par contre, cet impact ne se mesure pas pour la Russet B. qui est résistante à la gale.

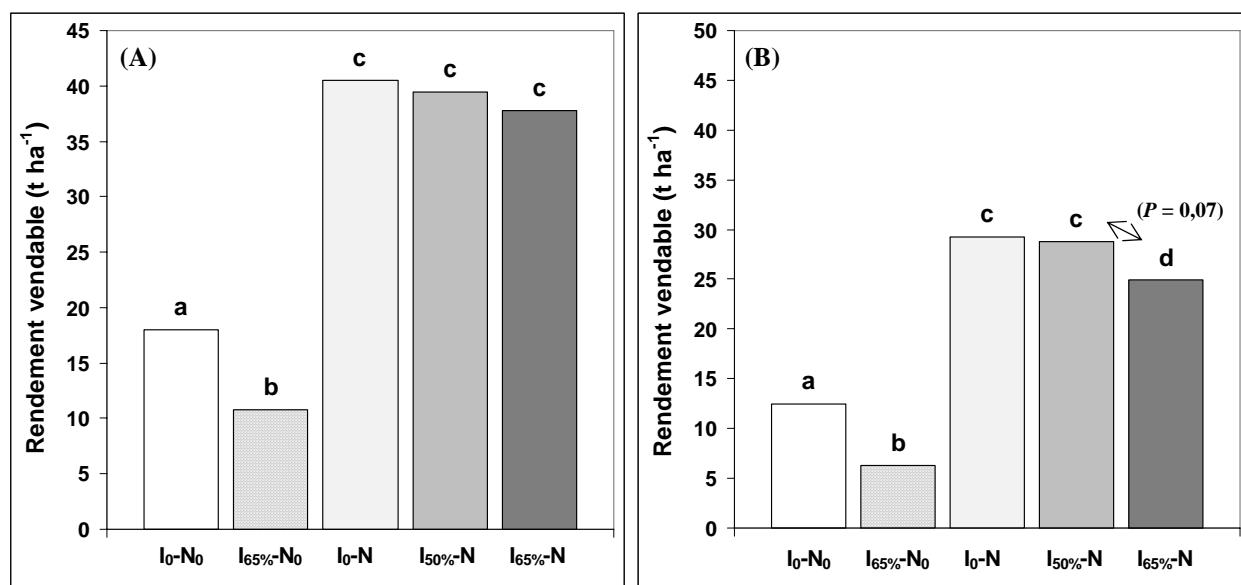


Figure 1. Rendements vendables en pommes de terre pour la Norland en 2009 (A) et 2010 (B) à la récolte. Les colonnes ne portant pas la même lettre sont statistiquement différentes au seuil de  $P < 0,05$ , à moins d'indication contraire

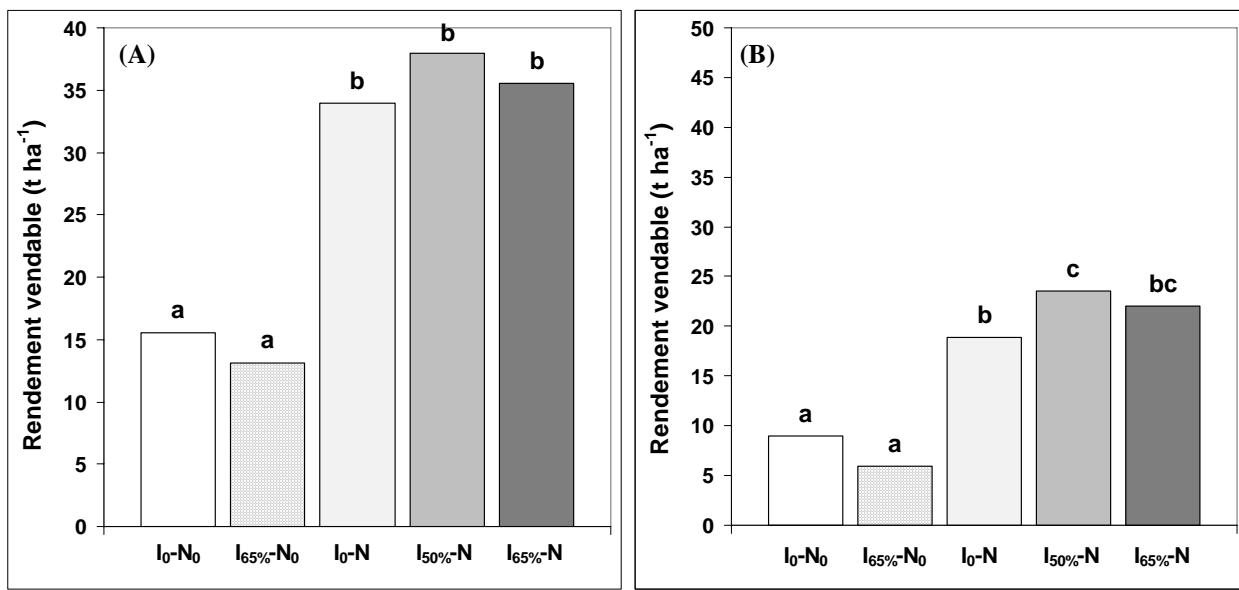


Figure 2. Rendements commercialisables en pommes de terre pour la Russet B. en 2009 (A) et 2010 (B) à la récolte. Les colonnes ne portant pas la même lettre sont statistiquement différentes au seuil de  $P<0,05$ , à moins d'indication contraire

#### *Efficacité de l'azote des engrains*

Les plants ont réalisé des prélèvements en N comparables à ce qui est habituellement observé au Québec pour cette culture (CRAAQ, 2003; N'Dayegamiye et Seydoux, 2008; Boivin et Landry, 2009; Landry, 2011). À la récolte, le CUA du N des engrais des plants I<sub>0</sub>-N était de 66 et 69 % pour la Norland et de 58 et 49 % pour la Russet B., en 2009 et 2010, respectivement (Tableau 1). Par ailleurs, selon les cultivars, l'irrigation a modulé les CUA du N de l'engrais. En 2009, des différences significatives ont été mesurées uniquement pour le cultivar tardif Russet B., ce qui pourrait être dû au fait que la période sèche la plus importante a eu lieu assez tardivement. À la récolte, les plants I<sub>50%</sub>-N avaient un CUA du N 26 % plus élevé ( $P<0,05$ ) que celui des plants I<sub>0</sub>-N. En 2010, année plus sèche, des différences significatives étaient présentes pour les deux cultivars. Dans les deux cas, l'application de la consigne à 65 % de la RU a entraîné une baisse significative du CUA du N des engrais. Pour le cultivar Norland, cette baisse est la plus importante, avec un CUA du N de 36 % inférieur à celui des plants I<sub>0</sub>-N. (Tableau 1). Ces plants ont d'ailleurs produit le moins de rendement vendable. Pour la Russet B., cette diminution était de 21 %. Pour ce qui est des plants I<sub>50%</sub>-N, leur CUA du N était équivalent à celui des plants I<sub>0</sub>-N. Ainsi, le choix de la consigne d'irrigation influence les bénéfices pouvant être tirés de cette pratique et les risques environnementaux liés à la part non utilisée des engrais azotés. En effet, dans le cas de l'application de la consigne à 65 % de la RU, 37 et 21 kg N ha<sup>-1</sup> de plus des engrais sont restés non prélevés pour la Norland et la Russet B., respectivement, en 2010 comparativement au traitement I<sub>0</sub>-N. Sur le total des superficies qui pourraient être irriguées, ceci représente une hausse notable. Par contre, la consigne à 50 % de la RU n'a pas entraîné un moins grand prélèvement du N que le traitement I<sub>0</sub>-N et a permis, en 2010, l'atteinte d'un meilleur rendement vendable pour la Russet B.

Tableau 1. Coefficient d'utilisation apparente (CUA) du N des engrais des plants de Norland et Russet B. à la récolte, en 2009 et 2010

Années	Irrigation (% RU)	Fertilisation (kg N ha <sup>-1</sup> )		CUA <sup>†</sup> (%)		CE Irr./non irr. (%)	
		Norland	Russet B.	Norland	Russet B.	Norland	Russet B.
2009	Aucune	150	150	66 <sup>a‡</sup>	58 <sup>a</sup>	95	126
	50	150	150	63 <sup>a</sup>	73 <sup>b</sup>		
	65	150	150	60 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>		
2010	Aucune	150	200	69 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>	94	103
	50	150	200	65 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>		
	65	150	200	45 <sup>b</sup>	39 <sup>b</sup>		

<sup>†</sup> Calculé avec les prélèvements totaux en N des plants (fanés et tubercules).

<sup>‡</sup> Les valeurs ne portant pas la même lettre sont statistiquement différentes au seuil de  $P<0,05$ , à moins d'indication contraire.

### *Lessivage des nitrates*

Le suivi en continu du lessivage des nitrates démontre que les concentrations en N-NO<sub>3</sub> des divers traitements commencent à se dissocier dès le début des irrigations. Toutefois, les premières hausses importantes se produisent lors de l'application du N au fractionnement. En 2010, cette hausse est très marquée pour le traitement irrigué à 65 % de la RU, et ce, pour les deux cultivars ( $P<0,05$ ), comparativement aux autres traitements. Ceci concorde avec les CUA finaux plus faibles de ce traitement cette même année et suggère que la part plus importante du N non prélevé a été lessivée, d'autant plus que pour les deux cultivars le sol de ce traitement contenait le moins de nitrates résiduels à la récolte. De même, il y a aussi concordance entre les CUA et le N-NO<sub>3</sub> lessivé pour le traitement irrigué à 50 % de la RU. Pour les deux cultivars, les CUA et les teneurs en N-NO<sub>3</sub> sont similaires à ceux du traitement I<sub>0</sub>-N. La seule exception est une hausse temporaire du N-NO<sub>3</sub> lessivé dans les sols I<sub>50%</sub>-N à la suite du fractionnement. De plus, les teneurs en N-NO<sub>3</sub> résiduel dans les sols à l'automne de ces deux traitements ne sont pas différentes. Considérant qu'en 2010 le traitement I<sub>50%</sub>-N a donné un meilleur rendement vendable pour la Russet B. que le traitement I<sub>0</sub>-N, il semble qu'avec une consigne adéquate, il est possible de favoriser une meilleure production en tubercules vendables sans accroître significativement les pertes en N-NO<sub>3</sub>. Enfin, exception faite du traitement I<sub>65%</sub>-N, qui perd beaucoup de N-NO<sub>3</sub> dès le début, l'ensemble des autres traitements voient leur teneur en N-NO<sub>3</sub> monter fortement à partir du défanage. Il serait donc pertinent, dans le cadre d'une autre étude, de vérifier les teneurs en N-NO<sub>3</sub> résiduel du sol à cette date puisque celui-ci est lié au risque de lessivage du N-NO<sub>3</sub>.

### Conclusion

Cette étude démontre que la gestion de l'irrigation joue sur le CUA du N des engrais, les rendements vendables, de même que sur le lessivage du N-NO<sub>3</sub> et que cet impact est différent selon les cultivars et les saisons. De plus, elle démontre qu'en choisissant une consigne adéquate au site et au cultivar, il est

possible de favoriser une meilleure production en tubercules vendables sans accroître significativement les pertes de N. Ces résultats renforcent donc la nécessité de tester et d'ajuster les consignes d'irrigation aux caractéristiques du site afin que celles-ci bonifient la nutrition des cultures en lessivant le moins possible le N-NO<sub>3</sub> en dehors de la zone utile de sol.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à souligner la précieuse collaboration des ouvriers de la ferme expérimentale de Deschambault, de même que le travail des étudiants d'été qui ont eu à cœur la réussite du projet. Notre appréciation va également à Michèle Grenier, statisticienne à l'IRDA.

Finalement, la réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à la contribution financière du Programme pour l'avancement du secteur canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire (PASCAA). Ce programme d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) est livré par l'intermédiaire du Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ).

## Références

- CRAAQ. 2003. *Guide de référence en fertilisation*, 1<sup>re</sup> édition. 293 pages.
- Boivin, C. et C.P. Landry. 2009. *Cibler le stade phénologique optimal pour amorcer l'irrigation en lien avec le gain en pommes de terre et la perte des nitrates*. Rapport final DS 6163 remis au Syndicat des producteurs de pommes de terre de la région de Québec et au Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec. 51 pages.
- FPPTQ. 2011a. *Historique des prix déterminés*. [en ligne] <http://www.fpptq.qc.ca/prix.htm> (consulté le 17 juillet 2011).
- FPPTQ. 2011b. *Modèle de coûts de production*. [en ligne] <http://www.fpptq.qc.ca/modele.htm> (consulté le 17 juillet 2011).
- Landry, C.P. 2011. *Évaluation de l'efficacité fertilisante en N et P, et de l'ISB de la fraction solide de l'isier de porc conditionnée obtenue du séparateur décanteur centrifuge afin d'en déterminer la valeur économique*. Rapport final, Programme Défi-Solution, CDAQ, 95 pages.
- N'Dayegamiye, A. et S. Seydoux. 2008. *Optimiser l'efficacité de l'azote des fumiers*. Le producteur de lait québécois. Novembre : 34-36.

## Pour en savoir davantage :

Christine Landry  
418 644-6874  
[christine.landry@irda.qc.ca](mailto:christine.landry@irda.qc.ca)

Carl Boivin  
418 646-2931  
[carl.boivin@irda.qc.ca](mailto:carl.boivin@irda.qc.ca)

**Colloque sur la pomme de terre**

*Le goût de la pomme de terre,  
ça se cultive!*

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec  
CRAAQ Comité pomme de terre

**IRRIGATION : TAUX D'UTILISATION DE L'AZOTE DES ENGRAIS ET PERTES DES NITRATES**

**Christine Landry, agr., Ph.D.**  
**Carl Boivin, agr., M.Sc.**

**IRDA**  
**18 novembre 2011**

## Mise en contexte

- Azote est un élément déterminant des rendements et la pomme de terre est exigeante en N.
  - **2 000 453 kg N (pomme de terre en 2009)**  
(MAPAQ 2010)
- Fertilisants et amendements: dépense très importante. (FPPTQ 2010)
  - = **4 000 906 \$** (à 2\$/kg)
- ↑ prix suivant prix pétrole.

## Mise en contexte

- Très mobile =  $\text{NO}_3^-$  transportée par l'eau dans le sol.

(transport par 'mass flow')



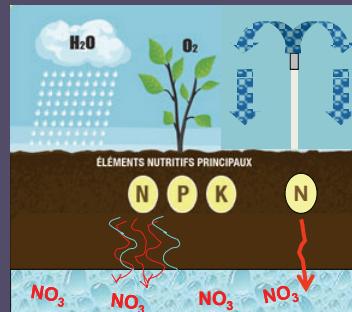
Suceptible au lessivage



Faible taux d'utilisation

(surtout en sols sableux drainants)

40 à < 60%



## Objectifs

- Vérifier si il y a des gains économiques et environnementaux à gérer l'irrigation de façon raisonnée (sol, cultivar).
- Comparer l'impact de différentes consignes de déclenchement selon 2 cultivars sur :



- La nutrition et le rendement des plants
- Taux d'utilisation du N des engrains
- Lessivage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

## Dispositif

- Ferme expérimentale de Deschambault
- Cultivars Norland et Russet Burbank
- Irrigation par aspersion



## Traitements (5)

- Consigne vs nature du sol et profondeur d'enracinement.
- Fertilisation selon dose N recommandée. (CRAAQ 2003)  
(fractionné: 80 kg à la plantation)



Fertilisé + non irrigué ( $I_0\text{-N}$ )

Non fertilisé + non irrigué ( $I_0\text{-N}_0$ )

Fertilisé + irrigué RU à 50% ( $I_{50\%}\text{-N}$ )

Non fertilisé + irrigué ( $I_{65\%}\text{-N}_0$ )

Fertilisé + irrigué RU à 65% ( $I_{65\%}\text{-N}$ )

## Gestion et application de l'irrigation

- Suivi tensiométrique et irrigation de chacune des parcelles individuellement.



## Mesures plants

N total 4<sup>e</sup> feuille (floraison)

Masse des plants (floraison et défanage)

N% des plants (floraison et défanage)



Rendements tubercules

N% tubercules

## Mesures plants

### Coefficient d'utilisation apparente (CUA) du N des engrais

$$\frac{\text{N prélevé par les plants fertilisés} - \text{N prélevé par les plants non fertilisés}}{\text{N provenant de l'engrais}} = \text{N provenant de l'engrais}$$

$$\frac{\text{N provenant de l'engrais}}{\text{Quantité de N apporté avec l'engrais}} \rightarrow \% \text{ du N des engrais utilisé}$$

$$\text{Ex. } 75 \text{ kg / } 150 \text{ kg} = 50\%$$

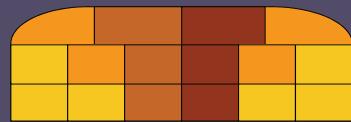
## Mesures sol

- $\text{NO}_3$  dans la butte de sol (0-30 cm) à la floraison.
- $\text{NO}_3$  captés sous la zone racinaire (65 cm).  
Lysimètre de 90 cm (plantation à début novembre).



## Mesures sol

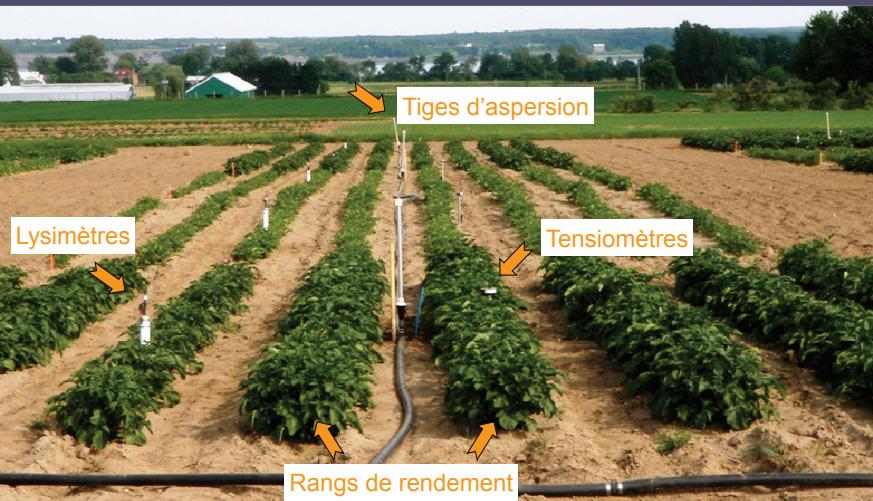
Densité racinaire  
(récolte)



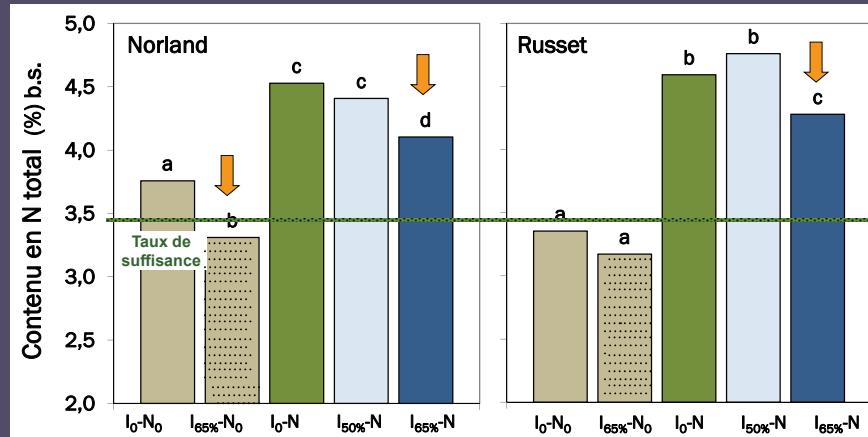
Scanneur  
WinRHIZO



## Vue d'ensemble du dispositif



## N total (4<sup>e</sup> feuille) - Floraison 2010



## Parcelle I<sub>65%</sub>-N (28 juillet 2010)

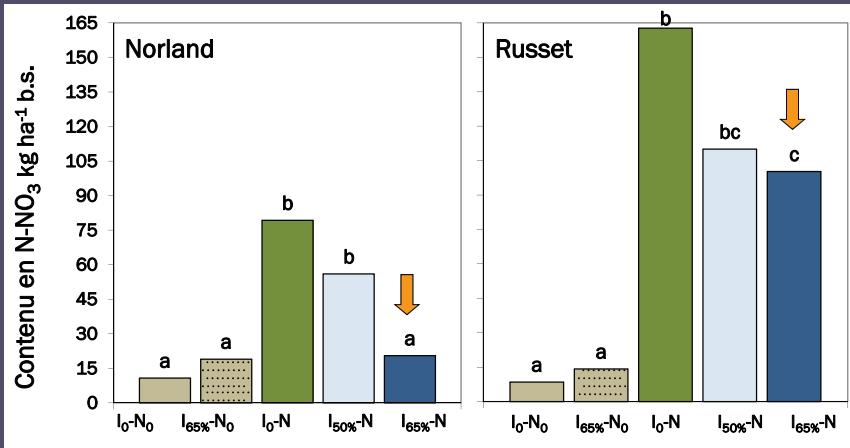


Irriguée I<sub>65%</sub>-N

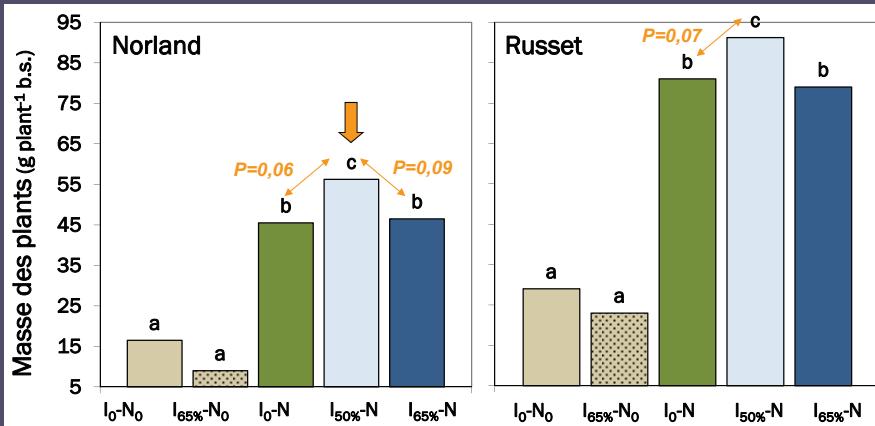
Non irriguée I<sub>0</sub>-N



## N-NO<sub>3</sub> Sol - Floraison 2010



## Masse des plants - Floraison 2010



## CUA du N - floraison 2010

Cultivars	Traitements	CUA (%)
-----------	-------------	---------

Norland      I<sub>0</sub>-N      36 a

I<sub>50%</sub>-N      48 b

I<sub>65%</sub>-N      35 a

Russet      I<sub>0</sub>-N      31 a

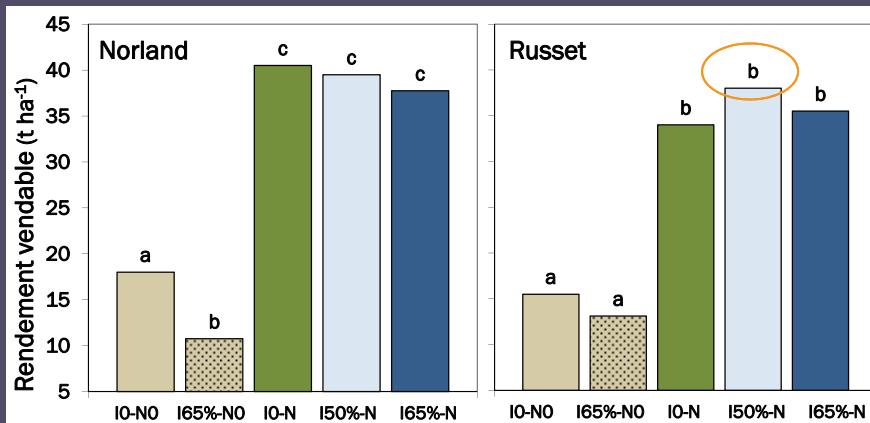
I<sub>50%</sub>-N      38 b

I<sub>65%</sub>-N      30 a

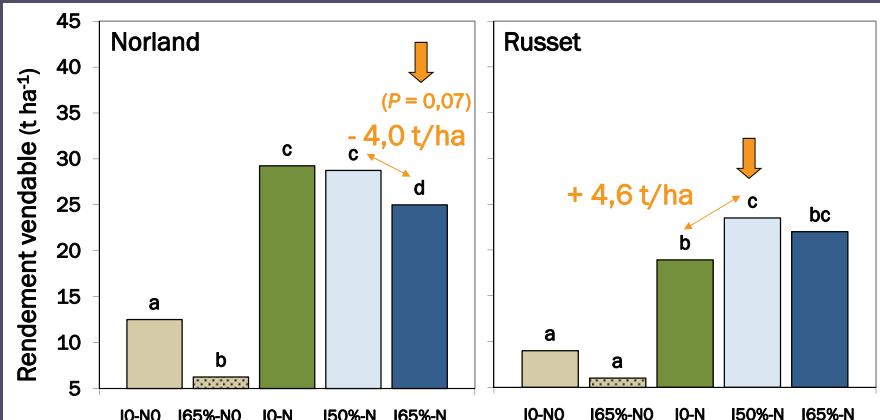
76 kg des 200 kg

60 kg des 200 kg

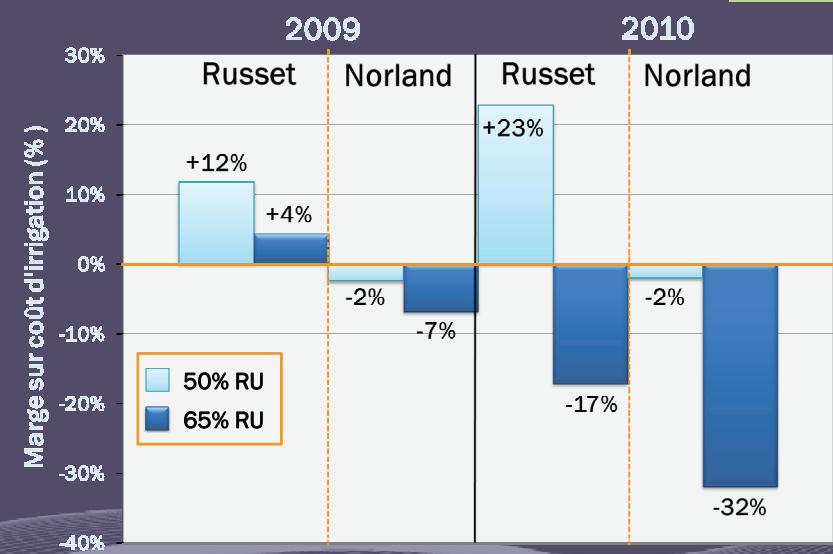
## Rendements vendables - 2009



## Rendements vendables - 2010



## Analyse économique



## CUA du N – Récolte

Années	Traitements	CUA (%)	
		Norland	Russet
2009	I <sub>0</sub> -N	66 a	58 a
	I <sub>50%</sub> -N	63 a	73 b
	I <sub>65%</sub> -N	60 a	55 a
2010	I <sub>0</sub> -N	69 a	49 a
	I <sub>50%</sub> -N	65 a	50 a
	I <sub>65%</sub> -N	45 b	39 b

+ 27 kg N/ha

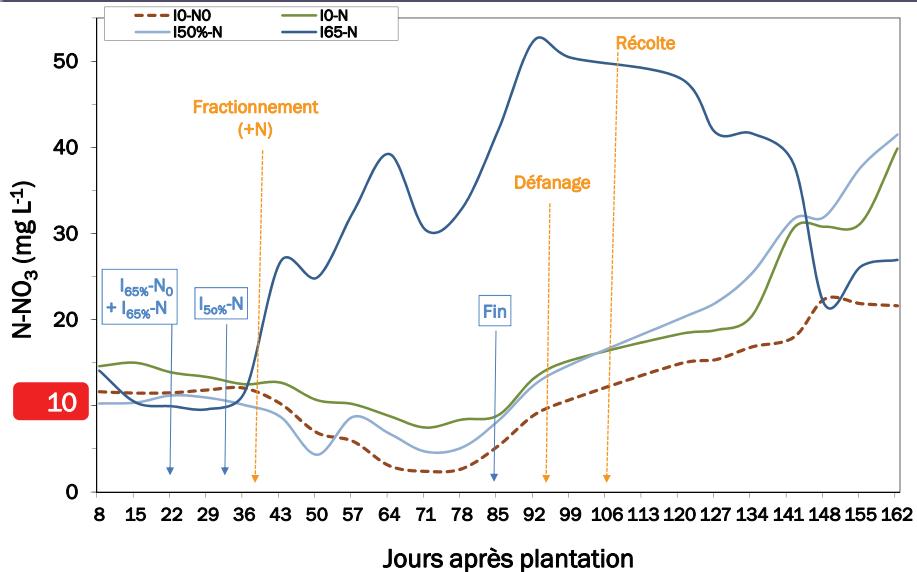
## CUA du N – Récolte

Années	Traitements	CUA (%)	
		Norland	Russet
2009	I <sub>0</sub> -N	66 a	58 a
	I <sub>50%</sub> -N	63 a	73 b
	I <sub>65%</sub> -N	60 a	55 a
2010	I <sub>0</sub> -N	69 a	49 a
	I <sub>50%</sub> -N	65 a	50 a
	I <sub>65%</sub> -N	45 b	39 b

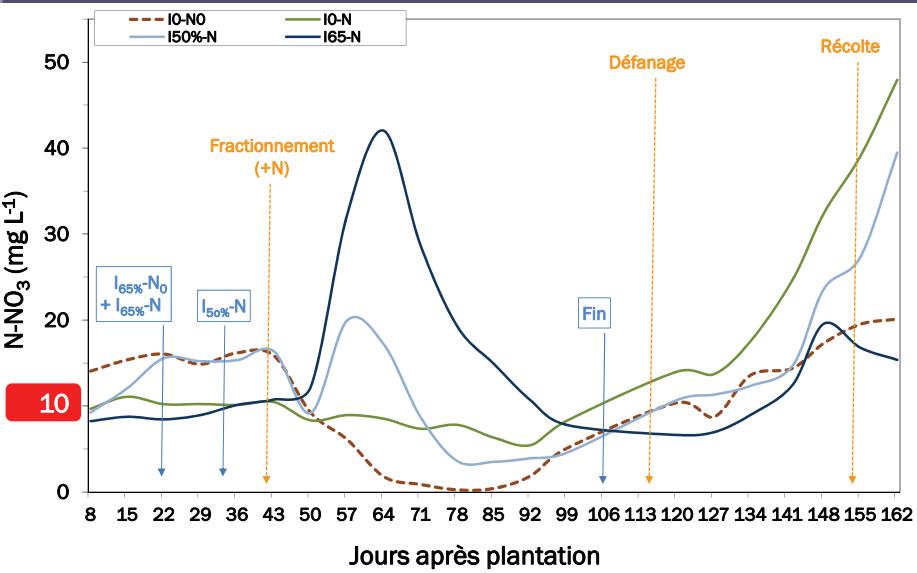
-30 kg N/ha

-22 kg N/ha

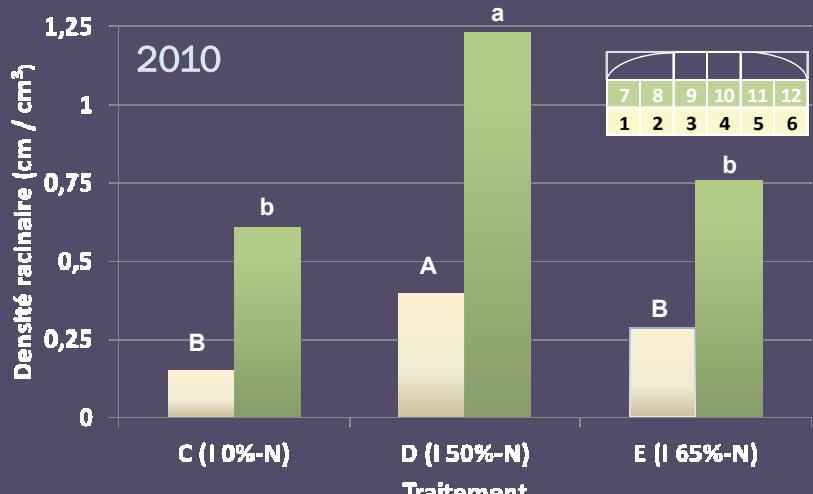
## N-NO<sub>3</sub> lysimètres – Norland 2010



## N-NO<sub>3</sub> lysimètres – Russet 2010



## Distribution racines - Haut-bas



## Distribution racines - Est-Ouest



## Prélèvements N – Évolution

Années	Traitements	Prélèvements (kg N/ha)			
		Norland		Russet	
		Floraison 55 JAP	Récolte 106 JAP	Floraison 55 JAP	Récolte 153 JAP
2010	I <sub>0</sub> -N	54	104	62	98
	I <sub>50%</sub> -N	72	98	76	100
	I <sub>65%</sub> -N	52	68	60	78

(Δ 50 jours)

(Δ 90 jours)

## Conclusion

- Effet cultivar = pas de bénéfice à irriguer la Norland (même en 2010)

- Consigne à 50% de la RU

Saison 'sèche' (++ épisodes d'irrigation)

↑ marge de profit

↓ lessivage des NO<sub>3</sub> et la part non prélevée des engrains N.

Densité racinaire  
plus élevée

Saison 'humide' (peu d'épisodes d'irrigation)

↑ légèrement la marge de profit

↑ le prélèvement du N des engrains.

- Consigne à 65% de la RU

↓ nutrition N en saison et ↓ les RDT

↓ marge de profit

↑ lessivage et part non prélevée des engrains N.

# Pour des solutions utiles, utilisables et utilisées!

*Merci!*

- Collaborateurs

- Julie Mainguy, agr., IRDA
- Stéphane Nadon, t.a., IRDA
- Danièle Pagé, t.a., IRDA
- Paul Deschênes, M.Sc., agr., IRDA
- Michèle Grenier, M.Sc., statisticienne, IRDA
- Luc Belzile, économiste, agr., M.Sc., IRDA
- Daniel Bergeron, agr., MAPAQ DRCN
- Serge Bouchard, t.a., MAPAQ DRBSL



- – Programme pour l'avancement du secteur canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire (PASCAA).

