Cap sur l'innovation

Focus on Innovation

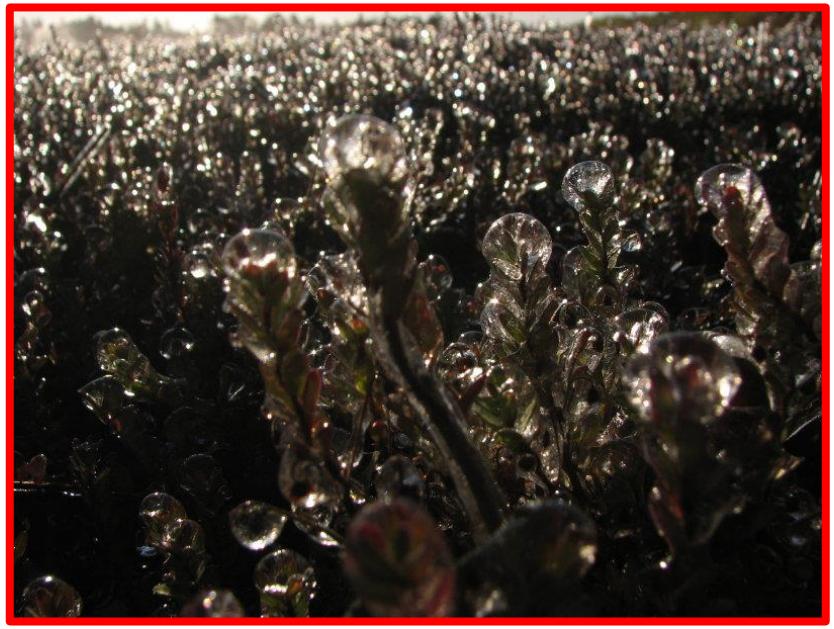
Bilan de cinq années de recherches en drainage et irrigation et recommandations d'action

27 et 28 mars 2017 Hôtel PUR Québec.

UNIVERSITÉ LAVAL

Jean Caron, professeur, université Laval et co-fondateur Hortau inc. et Hortau Corp. Vincent Pelletier, Tiphaine Jabet, Yann Périard, Marie-Élise Samson, Simon Bonin, Steeve Pépin et Silvio Gumière

- Bilan de cinq années de recherche
  - La rationalisation dans l'utilisation de l'eau a mené à des gains de rendements appréciables dans cette culture
- Recommandations d'action
  - La gestion en temps réel, la robotique et l'intelligence virtuelle vont s'intégrer à notre quotidien



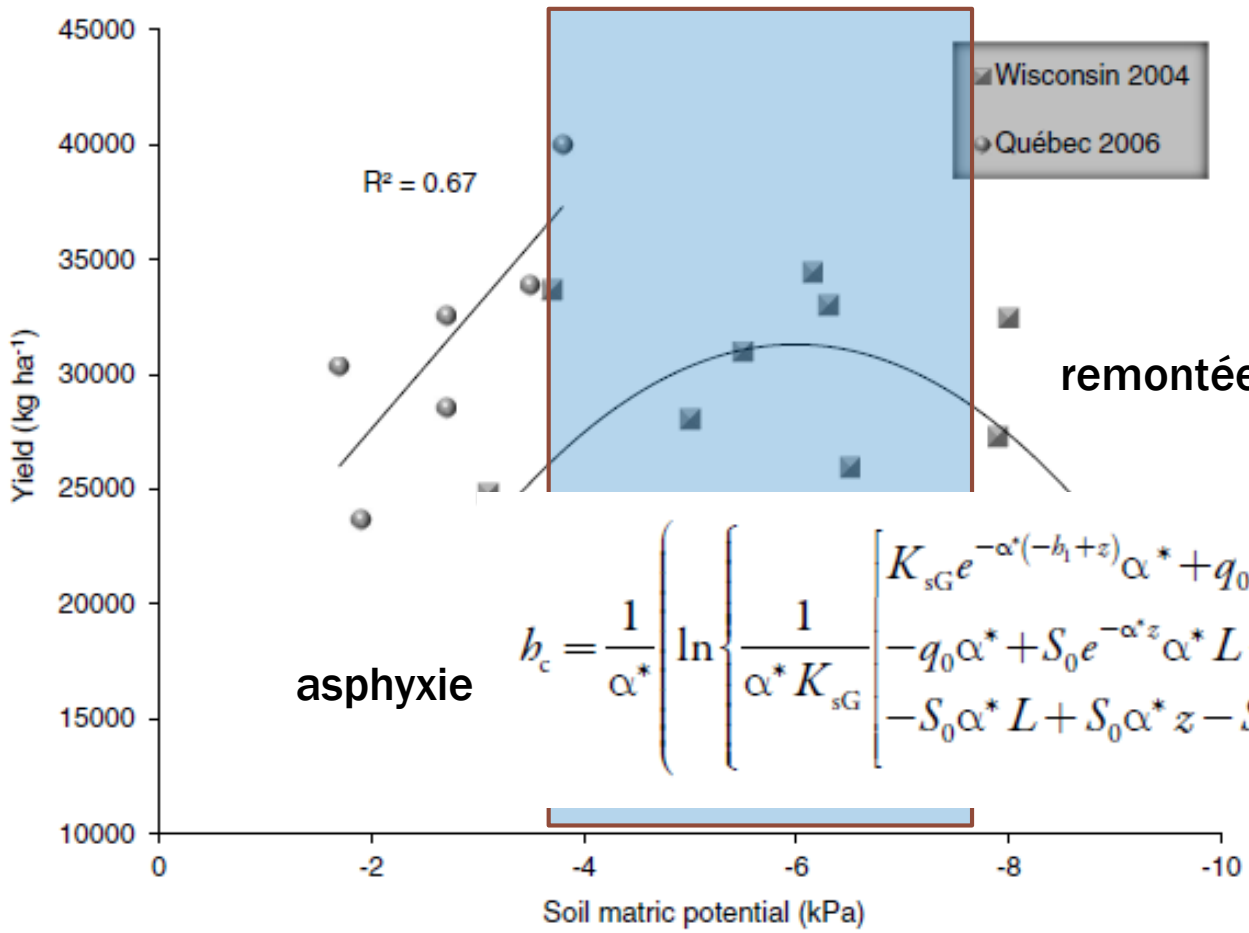
- Des travaux de recherche sur l'irrigation et le drainage ont été initiés à compter de 2005 et ont démontré la sensibilité de cette culture à la gestion de l'eau

- Liens empiriques principalement

- Poursuivis avec la chaire en irrigation de précision (6.6 M$)

- Cette présentation fait la synthèse des plus récents résultats ayant mené à des changements importants dans les recommandations d'irrigation et de drainage et suggère des recommandations d'action

Fig. 6. Yield-soil matric potential relationship in 12 different cranberry production sites in Wisconsin, in 2004, and five different sites in Quebec, in 2006. The dots represent the total field harvest from each of the single beds in which matric potential was measured and averaged (7 to 20 measurements) in July of each year.



remontée capillaire

asphyxie

$$h_c = \frac{1}{\alpha^*}\left(\ln\left\{\frac{1}{\alpha^* K_{sG}}\begin{bmatrix} K_{sG}e^{-\alpha^*(-h_1+z)}\alpha^* + q_0\alpha^* e^{-\alpha^* z} \\ -q_0\alpha^* + S_0 e^{-\alpha^* z}\alpha^* L + S_0 e^{-\alpha^* z} \\ -S_0\alpha^* L + S_0\alpha^* z - S_0 \end{bmatrix}\right\}\right)$$

Determination of irrigation set points for cranberries from soil- and plant-based measurements

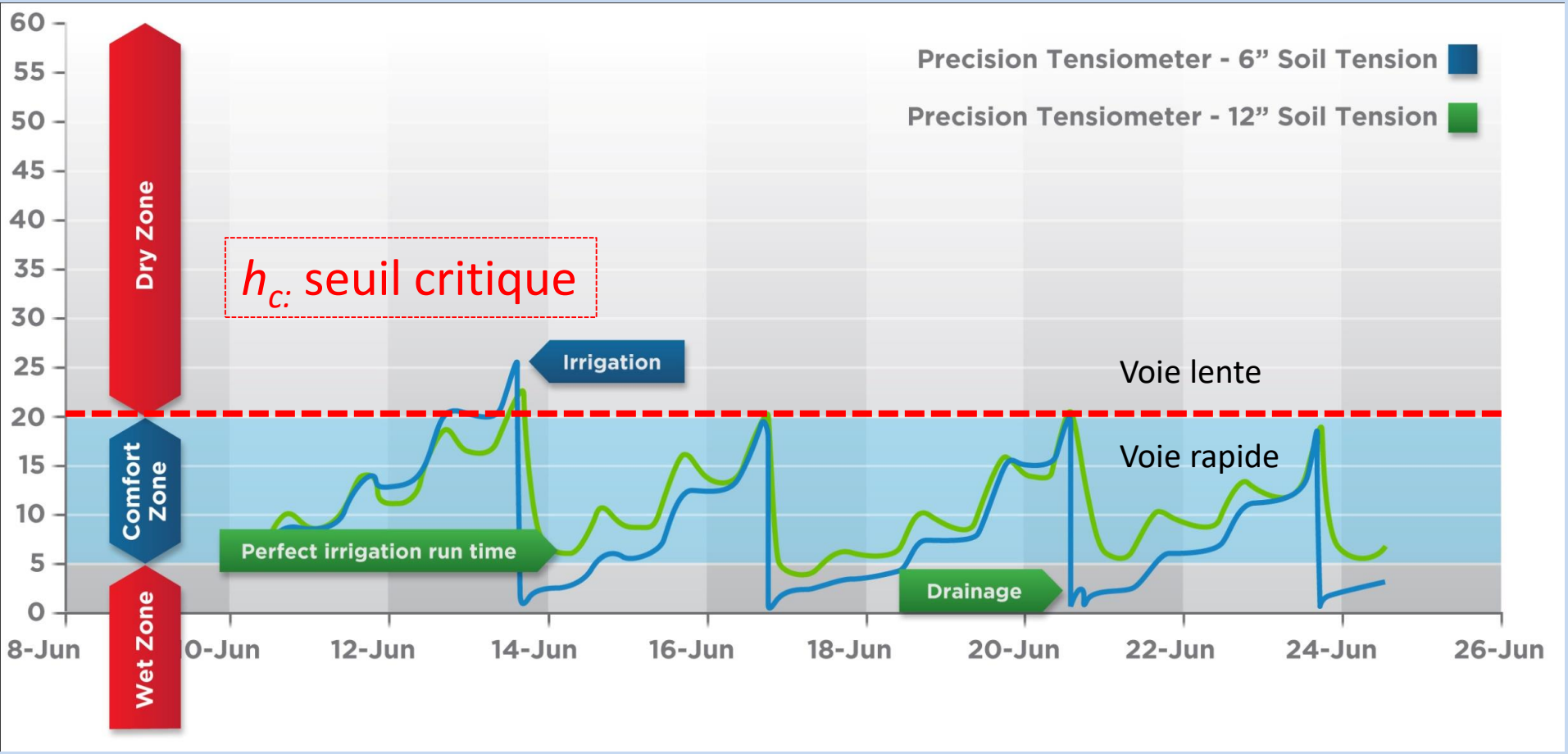
Jean Caron, Simon Bonin, Steeve Pepin, Leroy Kummer, Clay Vanderleest, and William L. Bland

Can. J. Soil Sci. 2016.

Nouvelle approche de gestion de l'irrigation (exemple fraise)

Deux tensiomètres à 15 et 30 cm de profondeur

Maintien d'un flux non limitant: tension du sol < h_c



Gestion de l'irrigation et du drainage en canneberge

BUTS	STRESS	FACTEURS	RECOMMANDATIONS
Optimisation: Rendements + Énergie + lessivage + profits	Chaleur et gel	température	
	Eau	Irrigation par aspersion	3-7 kPa[3,4,5,6]
		Contrôle de nappe	
	aération	Drainage	
	salinité	Fertilisation et subirrigation	
	Sols	Diagnostic et impact	

CHAPITRE 2

Sustainability **2015**, *7*, 10602-10619; doi:10.3390/su70810602

OPEN ACCESS

sustainability

ISSN 2071-1050

www.mdpi.com/journal/sustainability

Article

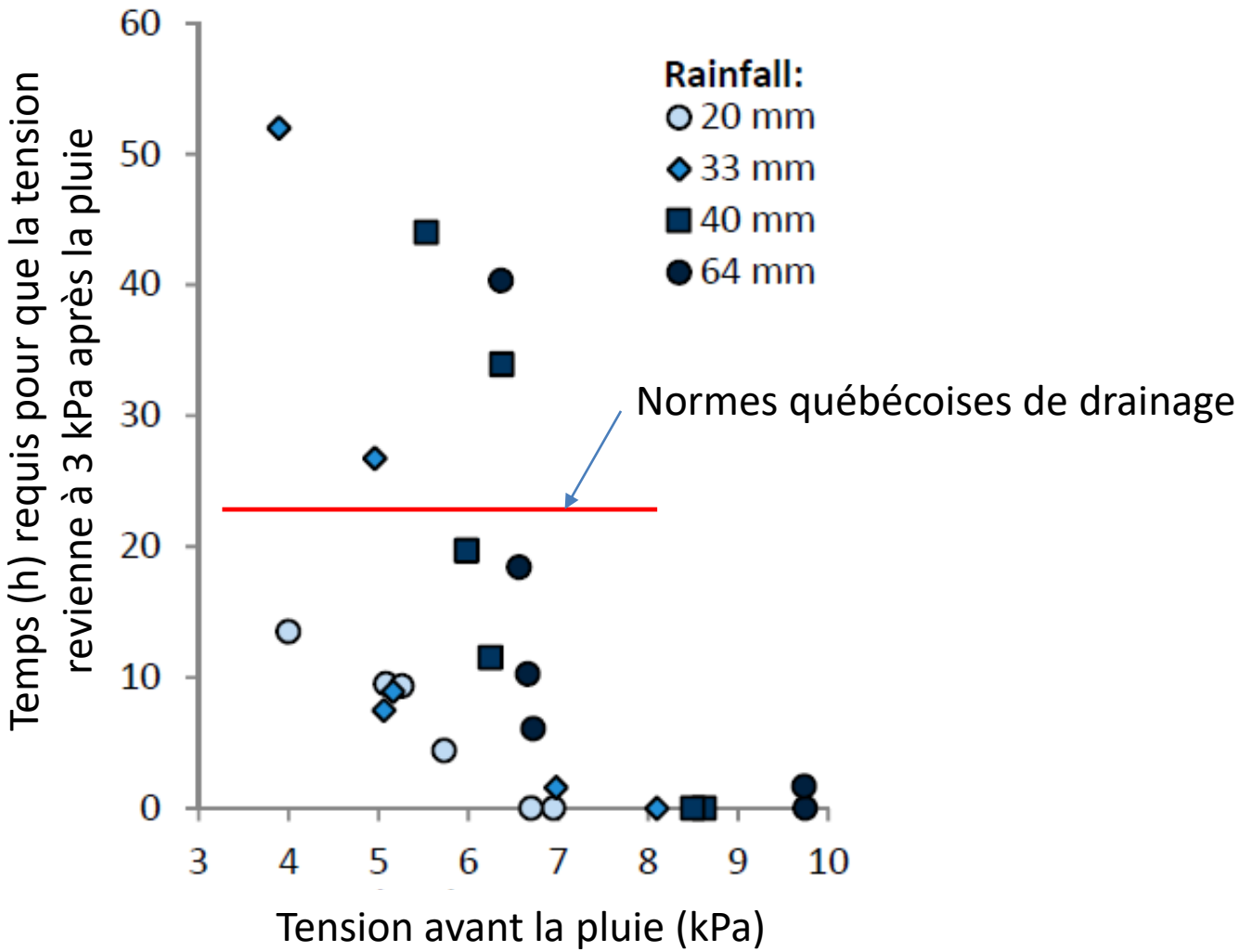
Water Table Control for Increasing Yield and Saving Water in Cranberry Production

Vincent Pelletier *, Jacques Gallichand, Silvio Gumiere, Steeve Pepin and Jean Caron

Vanderleest, et al., 2017. Can. J. Soil. Sci. (sous presse)

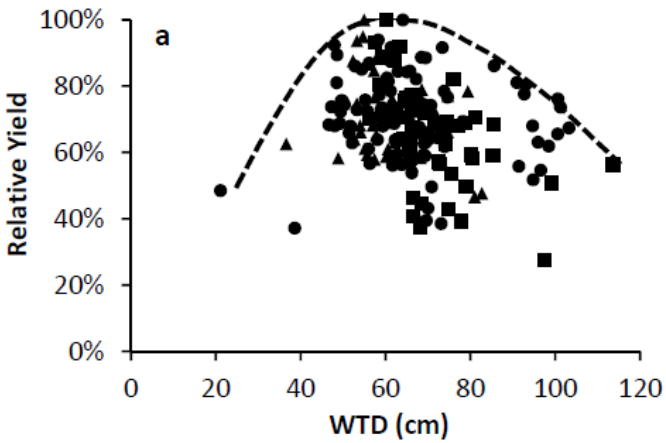
RESULTATS #3: DRAINAGE

NAPPE DEVRAIT ÊTRE À 80 CM AVANT LA PLUIE POUR ÉVITER LE FAIBLE DRAINAGE.



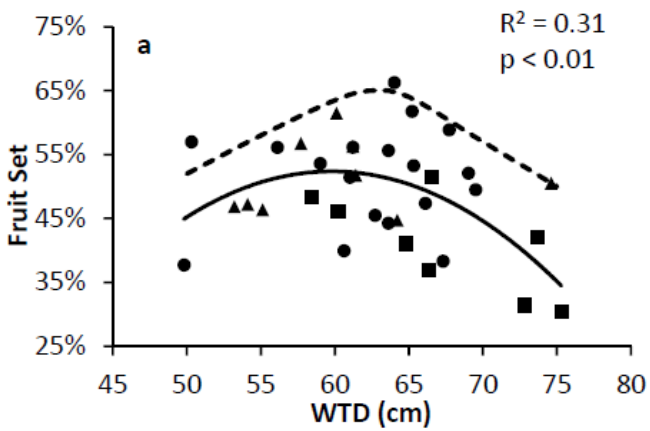
RESULTATS #1: rendement et fructification

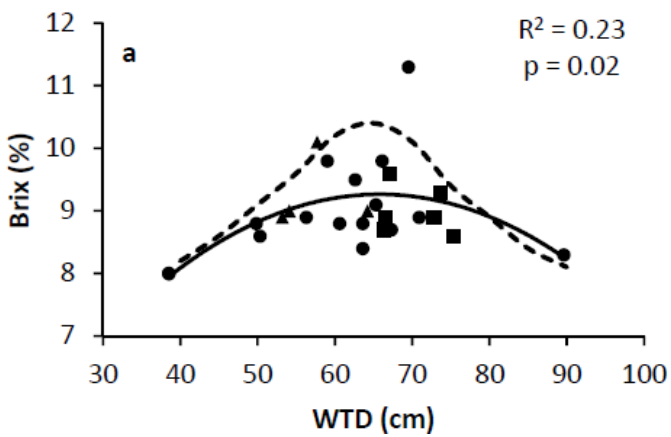
RENDEMENTS OPTIMISÉS AVEC UNE NAPPE À 60-65 CM.



Approche contour

Régression





Gestion de l'irrigation et du drainage en canneberge

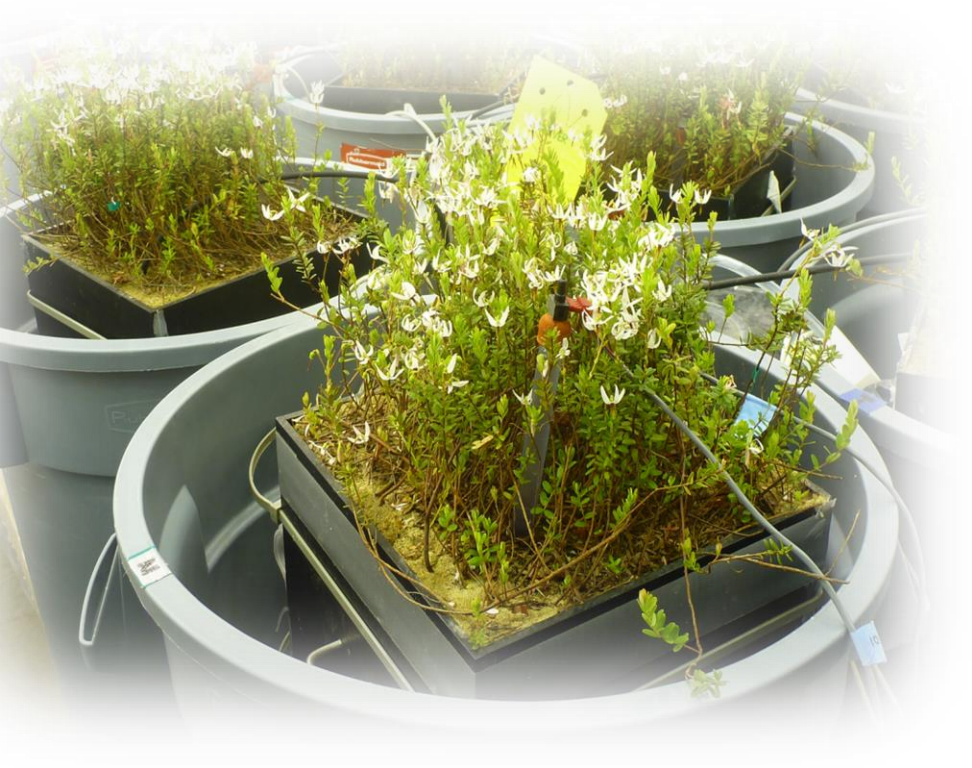
Buts	Stress	Facteurs	Recommandations
Optimisation: Rendements + Énergie + lessivage + profits	Chaleur et gel	température	
	Eau	Irrigation par aspersion	3-7 kPa[3,4,5,6]
		Contrôle de nappe	**60 – 65 cm**
	aération	Drainage	
	salinité	Fertilisation et subirrigation	
	Sols	Diagnostic et impact	

Ennoiement: Laurent (2014) et Pelletier (2016)

Objectifs: déterminer (1) l'effet de l'ennoiement sur la photosynthèse de la canneberge; (2) évaluer le temps de récupération.

Traitements (temps d'ennoiement) :

Contrôle	24 h	48 h	72 h	120 h



Stade de croissance

- Bourgeons-Bud elongation (d=24)
- Floraison Flowering/Fruit set (d=51)
- Développement des fruits/Fruit development (d=77)

Effets des traitements

- Échange gazeux pendant 12 jours

CHAPITRE 3

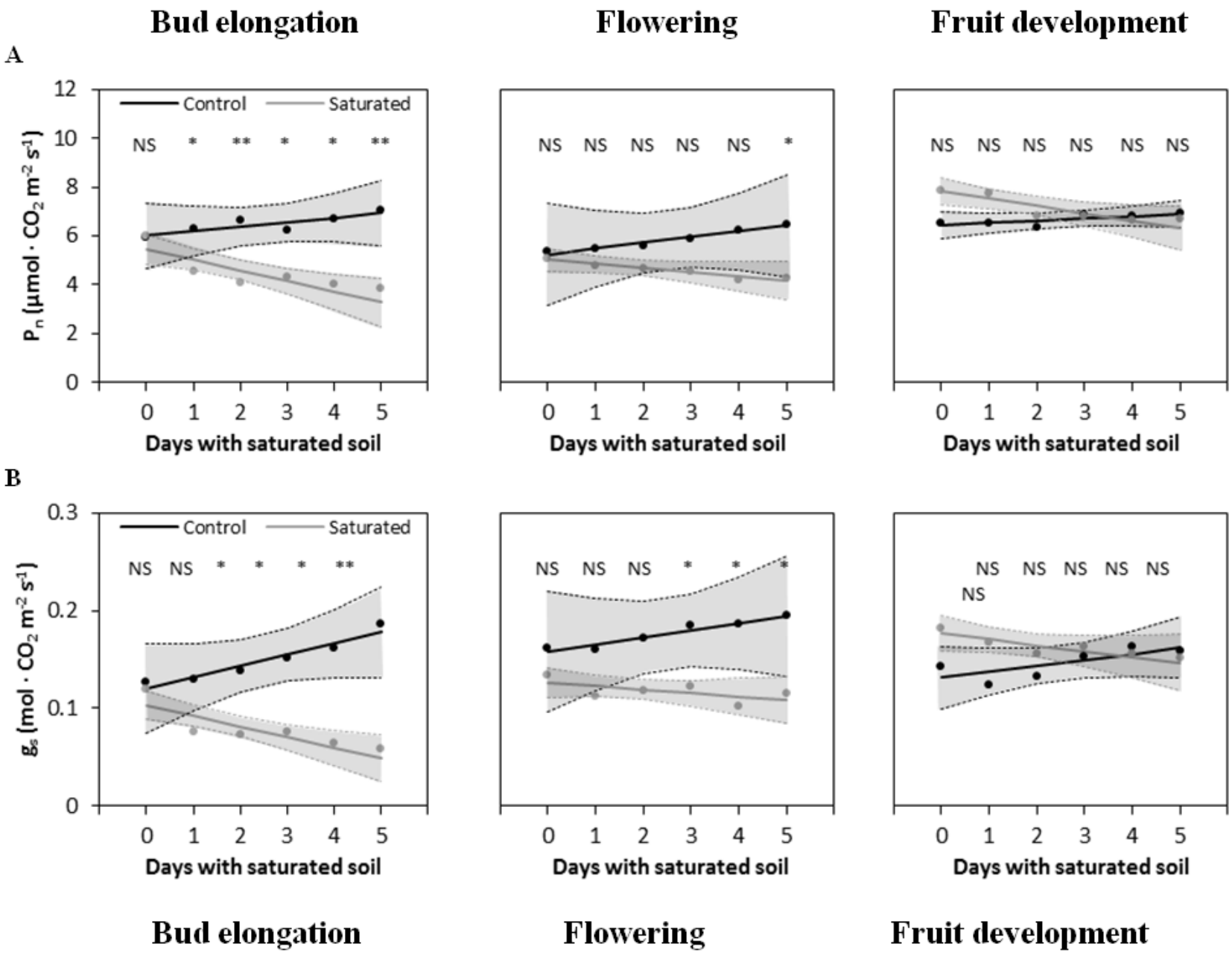
Cranberry Gas Exchange under Short-term Hypoxic Soil Conditions

Vincent Pelletier [1], Jacques Gallichand [1], Steeve Pepin [1] and Jean Caron [1]

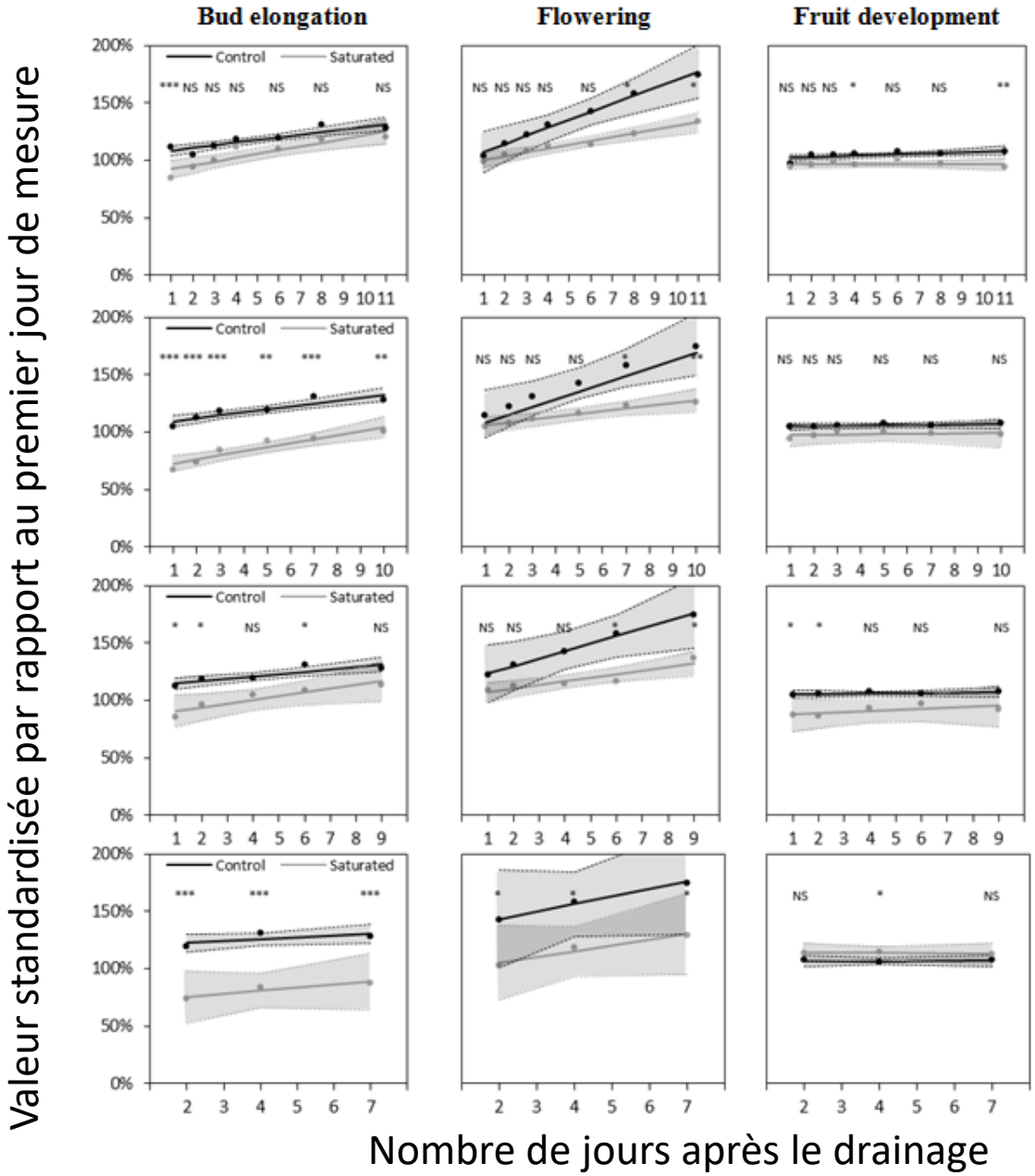
Hortscience, Sous presse, 2016

Et Laurent, Thomas, M.Sc. 2014

RESULTATS | #1: Temps sous ennoiement



RESULTATS #2: RÉSILIENCE



Traitement: 24h

Traitement: 48h

Traitement: 72h

Traitement: 120h

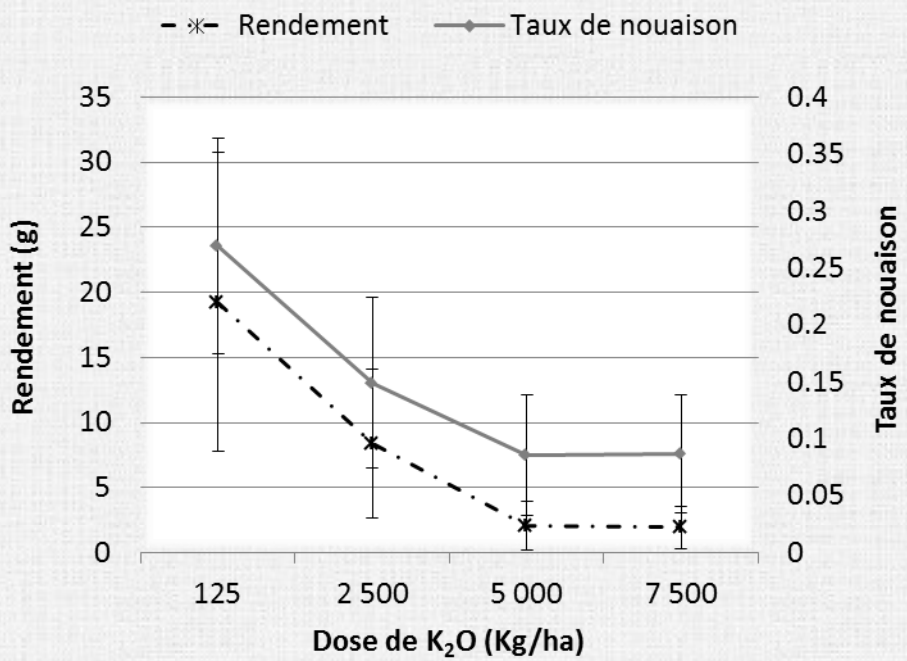
Gestion de l'irrigation et du drainage en canneberge

Buts	Stress	Facteurs	Recommandations
Optimisation: Rendements + Énergie + lessivage + profits	Chaleur et gel	température	
	Eau	Irrigation par aspersion	3-7 kPa[3,4,5,6]
		Contrôle de nappe	**60 – 65 cm**
	aération	Drainage	**< 24h** **>5% oxygène**
	salinité	Fertilisation et subirrigation	
	Sols	Diagnostic et impact	

- Salinité: niveau et suivi (Marie Elise Samson, M.Sc.), deux articles publiés en 2017

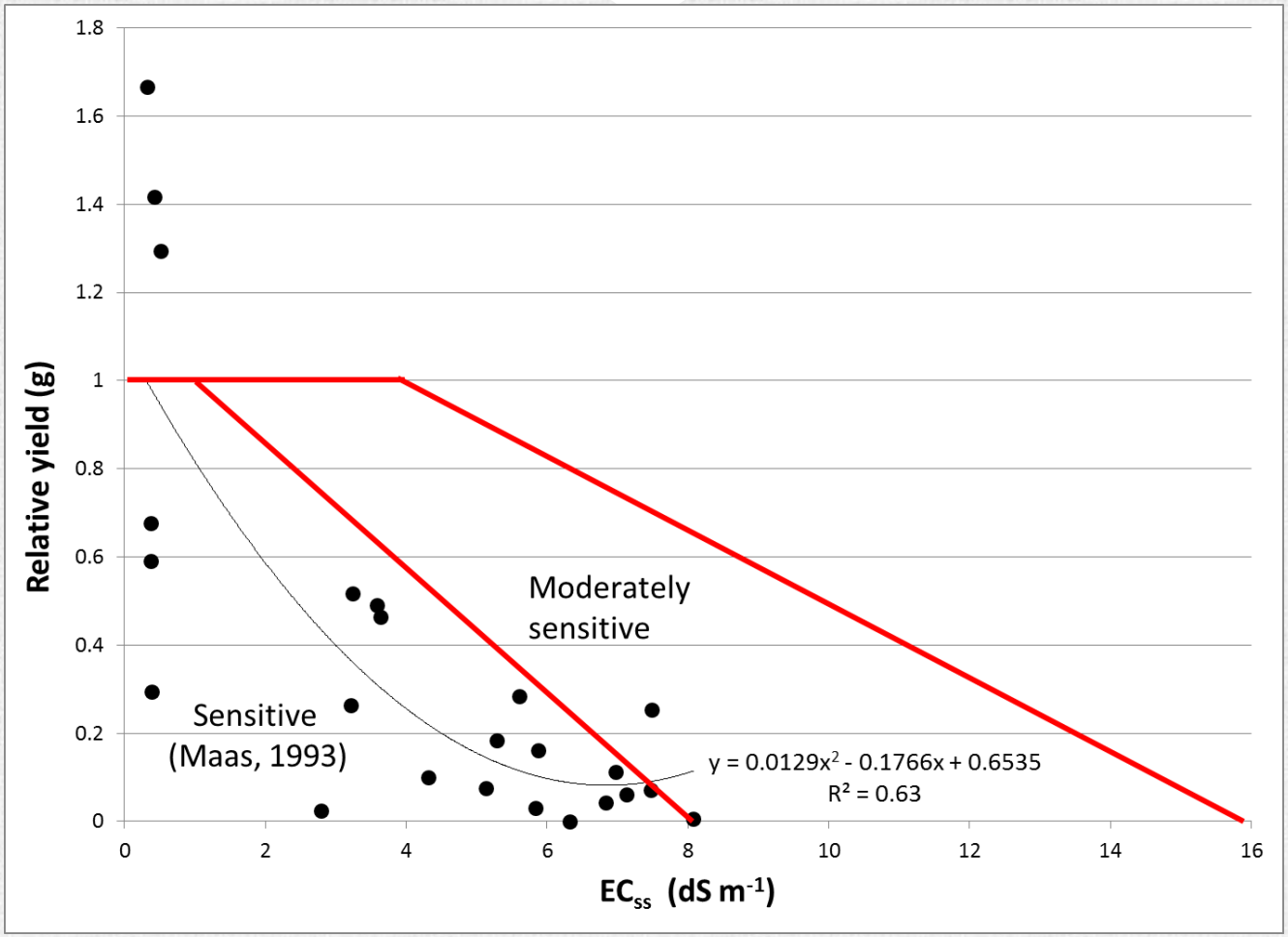
Résultats

Effets sur les paramètres de production :



- Effet quadratique sur les paramètres de production
- Descente très rapide du rendement (56% de perte entre 0,4 dS/m et 3,2 dS/m)
- Taux de nouaison plus élevé en aspersion

Réponse de la canneberge aux augmentations de la salinité (Samson et coll, 2017, sous presse)



Gestion de l'irrigation et du drainage en canneberge

Buts	Stress	Facteurs	Recommandations
Optimisation: Rendements + Énergie + lessivage + profits	Chaleur et gel	température	
	Eau	Irrigation par aspersion	3-7 kPa[3,4,5,6]
		Contrôle de nappe	**60 – 65 cm**
	aération	Drainage	**< 24h** **>5% oxygène**
	salinité	Fertilisation et subirrigation	**Salinité < 1 dS m^{-1} et mesure GS3**
	Sols	Diagnostic et impact	

Sols: diagnostic et impact (Gumiere, Lafond et coll.)

- Évolution de différents profils de sols en production de canneberge et recommandation basée sur la granulométrie et l'analyse des propriétés (Périard, thèse de doctorat)

- Diagnostic du processus de drainage par suivi tensiométrique (Bulot, D., M.Sc.)

- Analyse de processus de drainage par traitement géoradar (Awa Mbodj).

- Projet de recherche qui se continue en subirrigation avec Dr. Silvio Gumiere (3.2 M$ et 7 partenaires)

Contribution Yann Périard

Hallema, D. W., **Périard, Y.**, Lafond, J. A., Gumiere, S. J., and Caron, J., 2014. Detection of drainage failure in reconstructed cranberry soils using time series analysis. Conference paper presented at the 12th International Conference on Precision Agriculture (ICPA), Sacramento, July 20-23, 2014

- **Outils qui permet de détecter des problèmes de drainage lié à l'altération des propriétés hydrauliques du sol**

- **Périard, Y**., B. Long, S.J. Gumiere, A.N. Rousseau and J. Caron. 2015. Use of X-ray CT scan to characterize the evolution of the hydraulic properties of a soil under drainage conditions. Geoderma. (accepté publié sous peu)
  - **Méthode novatrice qui permet de caractériser la porosité et la conductivité hydrauliques saturé durant le drainage**
- **Périard, Y**., S.J. Gumiere, A.N. Rousseau and J. Caron. 2016. Multilocal sensitivity analysis of soil hydraulic properties: case study of a heterogeneous soil profile. Water Resources Research. (En préparation resoumis sous peu)
  - **Identification des configurations d'horizons et des propriétés hydrauliques critiques pour le drainage**
- **Périard, Y**., S.J. Gumiere, A.N. Rousseau and J. Caron. 2016. Assessment of the drainage capacity of cranberry fields: problem identification using soil clustering and development of a new drainage criterion. CJSS. (accepté publié sous peu)
  - **Inventaires des propriétés des sols de canneberges et nouveau critère d'évaluation de la norme de drainage.**
- **Périard, Y**., S.J. Gumiere, A.N. Rousseau and J. Caron. 2015. Predicting soil hydraulic of sandy soil from porosity and size particle distribution by neural network method. Vadose Zone Journal. (En préparation soumission prévue mois de juillet 2016)
  - **Permet de prédire les propriétés hydrauliques des sols sableux avec des analyses simples (porosité et granulo)**
- **Périard,** Y., S.J. Gumiere, A.N. Rousseau and J. Caron. 2016. Predicting Soil Hydraulic Properties from Particle Size Distribution and X-Ray Tomography. Vadose Zone Journal. (En préparation soumission prévue juin 2016)
  - **Méthode novatrice qui permet de caractériser les propriétés hydrauliques**
- **Périard, Y**., S.J. Gumiere, A.N. Rousseau and J. Caron. 2016. Characterization of spatiotemporal variability of soil hydraulic properties under drainage and recharge cycles by X-ray CT scan. European Journal of Soil Science. (En préparation soumission prévue aout 2016)
  - **Méthode novatrice qui permet d'étudié l'évolution spatio-temporel des propriétés hydrauliques du sol au cours de cycles de drainage et de recharge (simule plus de 40 ans de culture en 1 à 2 mois).**

Gestion de l'irrigation et du drainage en canneberge

Buts	Stress	Facteurs	Recommandations
Optimisation: Rendements + Énergie + lessivage + profits	Chaleur et gel	température	
	Eau	Irrigation par aspersion	3-7 kPa[3,4,5,6]
		Contrôle de nappe	**60 – 65 cm**
	aération	Drainage	**< 24h** **>5% oxygène**
	salinité	Fertilisation et subirrigation	**Salinité < 1 dS m^{-1} et mesure GS3**
	Sols	Diagnostic et impact	Granulométrie et observations

CHAPITRE 5

Scientia Horticulturae 198 (2016) 445–453

Contents lists available at ScienceDirect

Scientia Horticulturae

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scihorti

Reducing cranberry heat stress and midday depression with evaporative cooling

V. Pelletier*, S. Pepin, J. Gallichand, J. Caron

1. Seuil critique de température sur la photosynthèse (Pelletier et coll. 2016)

N: Jeune feuille
O: vieille feuille

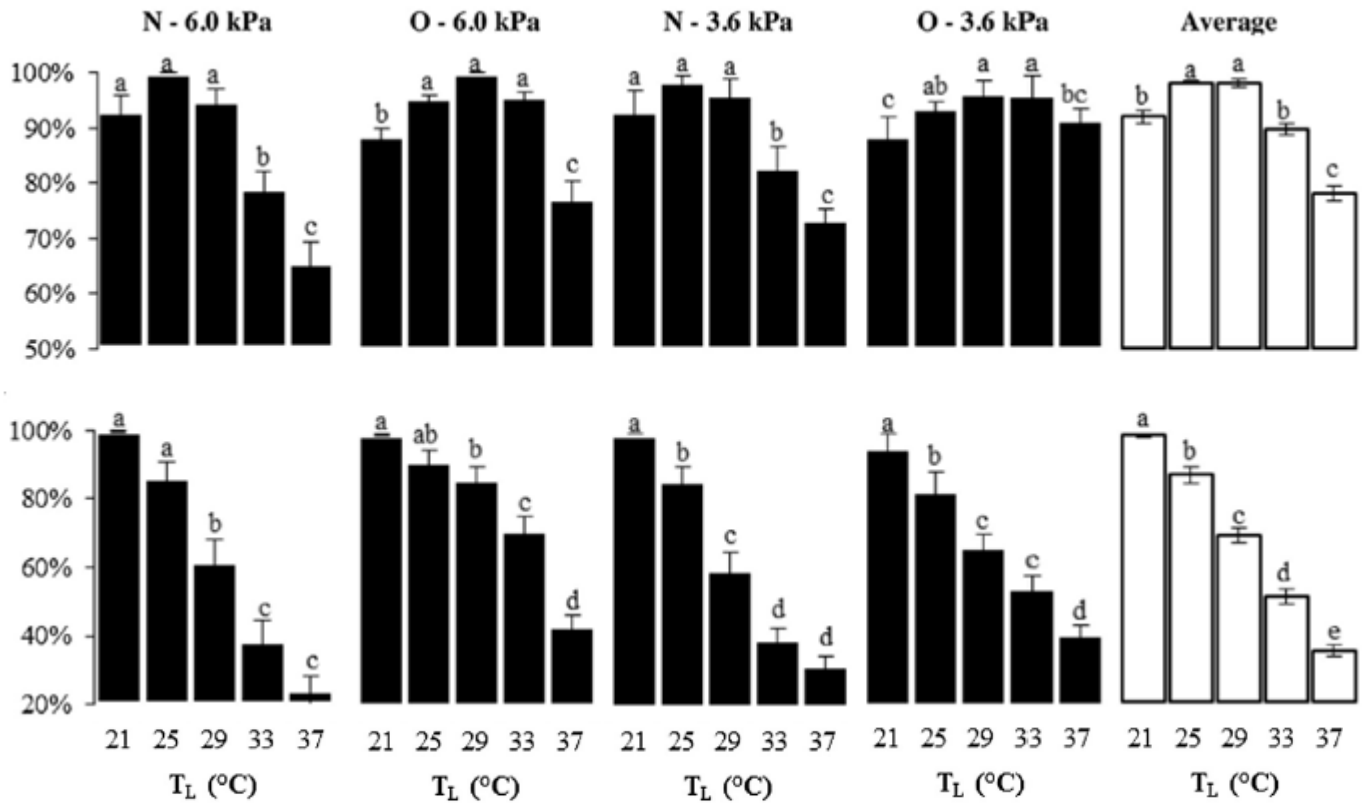


Tableau 1. Besoin annuel en eau de la canneberge.

Gel (printemps-automne)	Évapotranspiration annuelle	Récolte	Formation de glace	Total
300-900 mm	400-500 mm	300-600 mm	300-600 mm	1300-2600 mm

1 mm d'eau sur 1 ha = 10 m^3/ha

Source : Vanderleest et coll, 2016 et Université du Massachusets, http://www.umass.edu/cranberry/downloads/Cranberry%20Water%20Use.pdf.

Tableau 2. Comparaison des normes de régie d'irrigation de la canneberge.

Régie d'irrigation		
Ancienne norme	Nouvelles normes	
Aspersion[1]	Aspersion[1]	Aspersion + sub-irrigation[2]
340-843 mm	74-230 mm	0-83 mm

1 mm d'eau sur 1 ha = 10 m^3/ha

Sources : [1] Jabet 2014, [2] Pelletier 2015b, Vanderleest et coll. 2016

Impact économique

Payback period in cranberry associated with irrigation technologies

Tiphaine Jabet[1], Jean Caron[2], Remy Lambert[3]

- **Sous presse, Can. J. Soil Sci. 2017**

Gestion de l'irrigation et du drainage en canneberge: approche intégrée

Buts	Stress	Facteurs	Recommandations
Optimisation: Rendements + Énergie + lessivage + profits	Chaleur et gel	température	Position du capteur , **< 33°C 20 minutes**[2]
	Eau	Irrigation par aspersion	3-7 kPa[3,4,5,6]
		Contrôle de nappe	**60 – 65 cm**
	aération	Drainage	**< 24h** **>5% oxygène**
	salinité	Fertilisation et subirrigation	**Salinité < 1 dS m^{-1} et mesure GS3**
	Sols	Diagnostic et impact	Granulométrie et observations

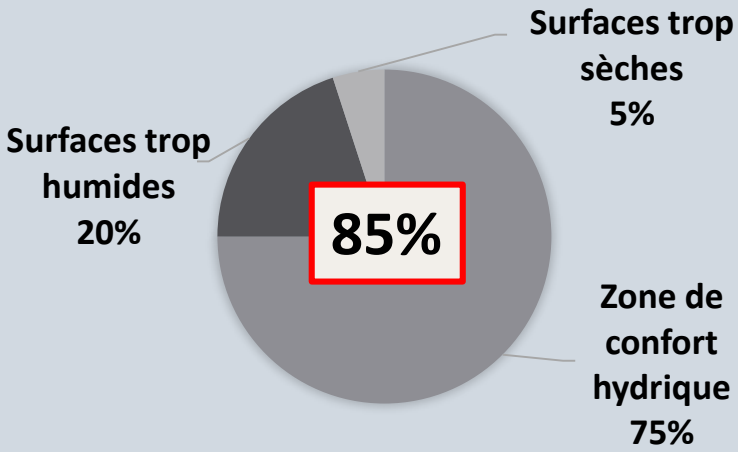
Le modèle de référence: les typologies d'exploitation

- **4 Tailles d'exploitation:**

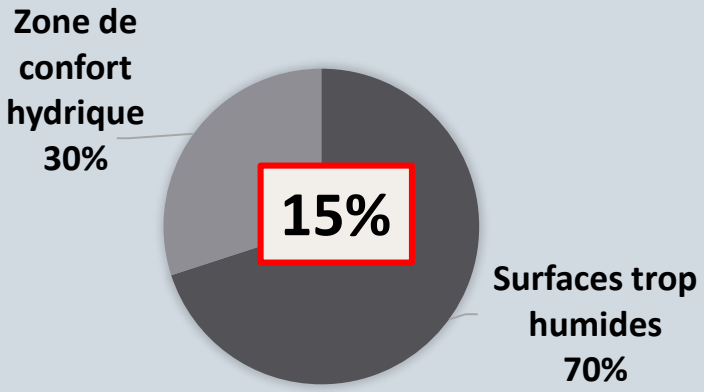
Petites exploitations : **50 acres** *(20ha)*,
Exploitations intermédiaires : **200 acres** *(80ha)*,
Grandes exploitations : **500 acres** *(200ha)*,
Très grandes exploitations : **1000 acres** *(400ha)*.

- **2 Types d'exploitations habituellement rencontrés:**

EXPLOITATION DE TYPE COURANT



EXPLOITATION DE TYPE HUMIDE



Gestion des problèmes localisés de drainage/irrigation
ZONES TROP HUMIDES ET TROP SÈCHES

Surfaces trop humides

Aménagements correctifs:

Doubler le nombre de drains
Nettoyer les drains
Creuser des fossés

-> **1200$/acre** amortis sur 20 ans
-> Pertes de rendement 10 % pendant 2ans

Rendement à gagner :
5 000 lbs/acre soit **1 250 $/acre**

Surfaces trop sèches

Aménagements mineurs

Rendement à gagner :
2 200 lbs/acre soit **550 $/acre**

Analyse de rentabilité: MA et RSI

		Taille d'exploitation (acres)			
		50	**200**	**500**	**1000**
	Coût de l'investissement	18 095	37 055	74 825	128 450
Exploitation de type courant	Marge additionnelle ($)	11 666	57 623	149 190	304 565
	RSI (an)	**1,56**	**0,65**	**0,50**	**0,42**
Exploitation de type humide	Marge additionnelle ($)	38 475	164 858	417 277	840 740
	RSI (an)	**0,47**	**0,22**	**0,18**	**0,15**

→ Durée de vie comptable de l'investissement : **5 ans**

Analyse de sensibilité : prix de la canneberge

Scénario pessimiste
0,12 $/lb

Prix moyen
0,25$/lb

Scénario optimiste
0,38 $/lb

RSI

50 acres	**4,10**
200 acres	1,32
500 acres	0,99
1000 acres	0,82

Exploitation type
COURANT

RSI

50 acres	0,96
200 acres	0,43
500 acres	0,34
1000 acres	0,29

Analyse de sensibilité : prix de la canneberge

Scénario pessimiste
0,12 $/lb

Prix moyen
0,25$/lb

Scénario optimiste
0,38 $/lb

RSI

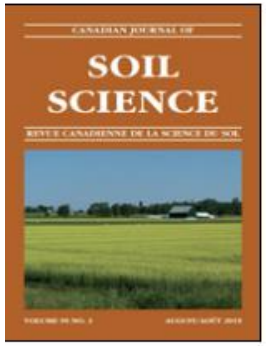
50 acres	1,16
200 acres	0,51
500 acres	0,40
1000 acres	0,34

Exploitation type
HUMIDE

RSI

50 acres	0,30
200 acres	0,15
500 acres	0,12
1000 acres	0,10

1-Journal canadien de science du sol
Numéro spécial (13 articles) 2017
par Gumiere, S. et coll.



2014 Impact Factor : 1.4

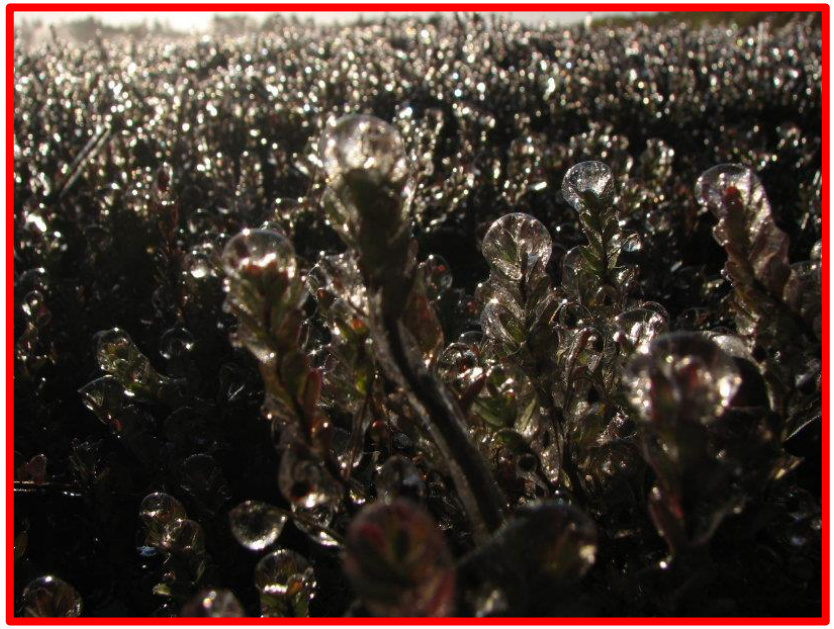
Precision Agriculture and Soil-Water Management in Cranberry Production:

Contact: silvio-jose.gumiere@fsaa.ulaval.ca

2-Vecteur Environnement, juin 2017. Recherche sur l'irrigation de précision de la canneberge: vers une production accrue avec moins d'eau

Par Jean Caron, Tiphaine Jabet, Carole Boily et Monique Thomas.

- Bilan de cinq années de recherche
  - La rationalisation dans l'utilisation de l'eau a mené à des gains de rendements appréciables dans cette culture
- Recommandations d'action
  - La gestion en temps réel, la robotique et l'intelligence virtuelle vont s'intégrer à notre quotidien



Vert demain?

- Le virtuel, la robotique, la connaissance
- Plateformes technologiques

1900: connaissance humaine double en 100 ans
1945: 25 ans
2013:

- nanotechnologie: 2 ans
- clinique: 18 mois
- internet: 12 heures

Fuller, 2013 “Knowledge Doubling Curve”

l'expérience du voyage temporel *(Foray, 2009)*

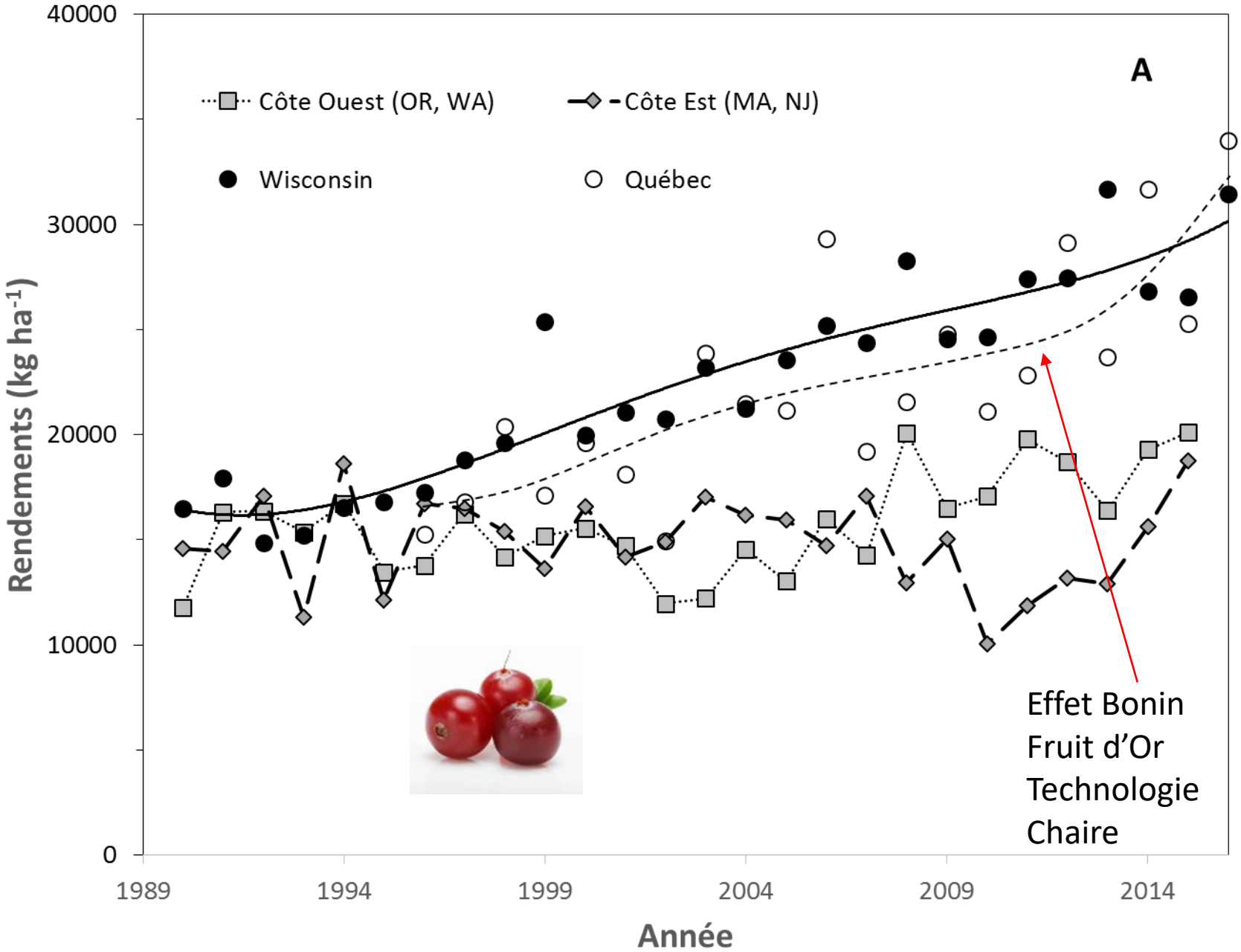
- L'explosion des activités de recherche intensives ne doit rien au hasard
- dictée par les impératifs de l'innovation.
- la connaissance s'est substituée au prix comme règle du jeu d'affaire
- répondre à la nécessité d'engendrer un rythme rapide d'innovations technologiques en vue d'offrir des produits et des services nouveaux

Vert demain?

- Le potentiel des outils virtuels technologiques dédiés indéniables
- Quels outils? Firmes technologiques, Publics, Privés?
  - Qualité, spécificité et performances
  - Évolution rapide par l'explosion des études interactives provenant des avalanches de données et des applications mobiles
- Gros joueurs vont faire équipe: public, privés, coopératives
  - Contraction du temps de développement
  - Accélération de la connaissance

D’hier à demain

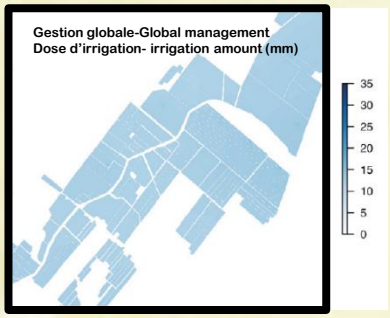
- Investir dans l’interactivité des connaissances et dans un savoir spécifique à votre environnement de production pour garantir un avantage compétitif

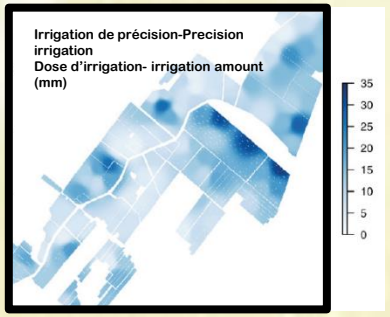

A
Côte Ouest (OR, WA)
Côte Est (MA, NJ)
Wisconsin
Québec
Rendements (kg ha-1)
40000
30000
20000
10000
0
1989
1994
1999
2004
2009
2014
Année
Effet Bonin
Fruit d'Or
Technologie
Chaire

Prix Synergie Irrigation de précision de sols organiques cultivés en laitue (1 M$)

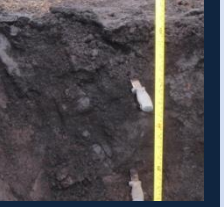
UNIVERSITÉ LAVAL
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation

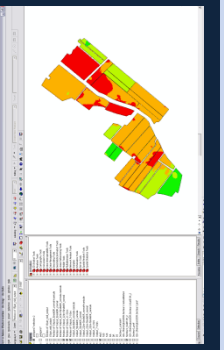
CRSNG NSERC





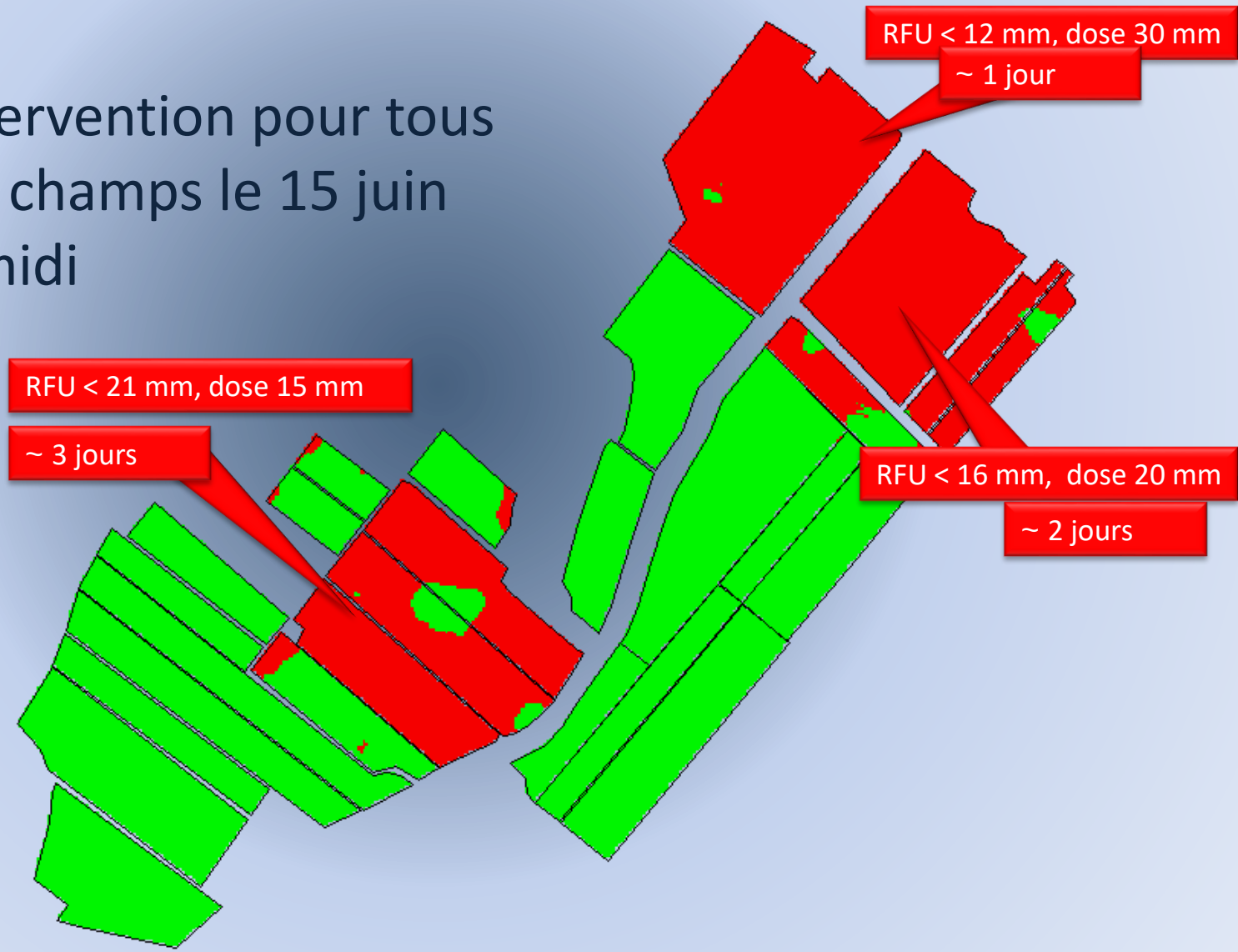
- Réduction de 37% à 10% de brûlure de pointe
- Augmentation du rendement vendable à plus de 40 % en canicule
- Efficacité d'utilisation de l'eau jusqu'à 10 fois plus élevée selon la variabilité du sol





Application dédiée et spécifique: Carte totale actualisée à l'heure par priorité d'intervention d'ici 3 jours (Agirrsol)

- Intervention pour tous les champs le 15 juin à midi



Chaire en conservation des sols organiques (16 partenaires, plusieurs millions):

- Outils cartographiques spécifiques de gestion des sols organiques intégrés à Agirrsol
- Préserver cette zone de production responsable de 50% de la production maraichère au Québec à l'aide d'outils dynamiques de recommandations agronomiques pour contrer la dégradation

Prix du Cœur

décerné aux

Producteurs de canneberges du Québec

pour vous être tenus debout, avoir investi en recherche et avoir écrit votre histoire

Décerné le : 28 mars 2017

Jean Caron, agr. Ph.D. , chercheur

Remerciements

Merci aux jeunes, merci de votre invitation et merci de votre attention!

"*Je vous souhaite des rêves à n'en plus finir et l'envie furieuse d'en réaliser quelques-uns!*"

Jacques Brel

HORTAU
L'IRRIGATION SIMPLIFIÉE

CRSNG
NSERC

Fonds de recherche
Nature et
technologies
Québec

UNIVERSITÉ
LAVAL