

FERTIGATION DE LA POMME DE TERRE PAR SYSTÈME D'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

Projet No. 4230-1718-58411950-03
DURÉE DU PROJET : 04/17 AU 03/18

RAPPORT FINAL

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Jérémie Vallée, agr., B. Sc., IRDA
Carl Boivin, agr., M. Sc., IRDA
Daniel Bergeron, agr., M. Sc., DRCN du MAPAQ
Antoine Lamontagne, technicien agricole, IRDA

Février 2018

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

FERTIGATION DE LA POMME DE TERRE PAR SYSTÈME D'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

Projet No. 4230-1718-58411950-03

RÉSUMÉ DU PROJET

Des projets réalisés en 2015 et 2016 ont permis de conclure que l'irrigation goutte à goutte de la pomme de terre peut offrir des économies d'eau importantes par rapport à l'aspersion, ce qui est très intéressant d'un point de vue environnemental, surtout pour les entreprises ayant des réserves en eau limitées (Vallée, Bergeron et Boivin, 2017)¹. Le présent projet avait comme objectif de conjuguer l'efficacité du goutte à goutte et du « fractionnement multiple de l'azote » afin de diminuer la dose totale d'azote apportée par unité de pomme de terre produite et d'offrir des alternatives économiques et environnementales avantageuses à la régie usuelle.

¹ Vallée, J., D. Bergeron et C. Boivin, 2017. Irrigation goutte à goutte de la pomme de terre, Rapport final présenté dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région, 25 p. [En ligne]

https://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/rfinal_padarr_-pdt_gag2016vavec-ajouts.pdf

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Objectif principal

Évaluer la performance de la fertigation apportée par un système par goutte à goutte dans la culture de la pomme de terre cultivée en contexte pédologique différent.

Objectifs spécifiques

- Comparer une régie de fertilisation conventionnelle à une régie combinant des apports avec la fertigation.
- Mesurer le potentiel du fractionnement multiple (fertigation) dans la diminution de la dose totale d'azote apportée.
- Acquérir de nouvelles connaissances techniques quant à l'intégration de système goutte à goutte dans la régie de la pomme de terre.
- Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'azote (quantité utilisée par unité produite) et ainsi réduire les risques de pollution

Dispositif expérimental

Des dispositifs ont été implantés sur deux sites : à la Ferme Victorin Drolet, située à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (SCJC), avec la variété Russet Burbank (sable loameux) et à la Ferme F.X. Orléans, localisée à Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans (SJIO), avec la variété Russet Burbank (loam sablo-argileux) en suivant un plan à blocs aléatoires complets (Figure 1). Chaque unité expérimentale (parcelle) était composée de 8 rangs consécutifs de pommes de terre. Chacun des traitements a été répété quatre fois. Les blocs ont été installés de part et d'autre de la ligne d'irrigation, soit deux d'un côté et deux de l'autre. Les blocs ont été divisés en deux parcelles principales perpendiculaires à la ligne d'irrigation et en trois sous-parcelles parallèles à la ligne d'irrigation. Une parcelle principale a reçu le traitement producteur (témoin), sans fertigation et uniforme sur toute la longueur pour les trois sous-parcelles réparties sur les lignes. Les trois sous-parcelles de l'autre côté ont été fertiguées avec des doses décroissantes (T1, T2, T3) en s'éloignant de la ligne d'irrigation. Cette contrainte de randomisation des parcelles T1, T2 et T3 a été prise en compte lors de l'analyse statistique. La parcelle du côté fertigué et la plus proche de la ligne d'irrigation reçoit donc la dose de fertigation la plus élevée (T1), alors que la parcelle la plus éloignée ne reçoit aucun apport par la fertigation (T3).

Les quatre traitements ont reçu la même dose d'engrais à la plantation et au sarclage, sous forme granulaire. Le troisième et dernier apport d'engrais granulaire n'a été effectué que dans le traitement producteur (Témoin). Deux des trois autres traitements ont reçu des apports d'azote par fertigation, à raison de 10 kg N/ha par épisode. Les T1, T2 et T3 ont reçu respectivement 5, 3 et aucun épisode de fertigation au courant de la saison. Le T1 a reçu une dose totale d'azote de 160 kg N/ha tandis que le T2 et le T3 ont reçu respectivement, 70 % et 55 % de la dose totale apportée pour le Témoin (200 kg N/ha) (Tableau 2).

Les conditions humides du mois de juin ont retardé les opérations de sarclage et de renchaussage ainsi que l'installation des systèmes d'irrigations. Les travaux ont été effectués dans des conditions de sol humide qui ont limité l'enracinement dans l'entre-rang. Les conclusions des derniers essais sur l'irrigation de la pomme de terre par goutte-à-goutte (Vallée, Bergeron et Boivin, 2017) ont permis de mettre en lumière l'importance d'avoir un excellent développement racinaire surtout si le tube de goutte-à-goutte est installé dans les entre-rangs. Évidemment, dans un contexte de fertigation, il est également essentiel de

s'assurer que le système racinaire a colonisé l'entre-rangs afin que la solution nutritive puisse être prélevée.

Résultats significatifs obtenus

Caractérisation des sols

La caractérisation des sols effectuée sur les sites de l'essai est présentée au Tableau 3. Le site de SCJC possède une texture plus grossière que le site de SJIO (sable loameux contre loam sablo-argileux). Toutefois, le fort contenu en détritux du site SJIO (particules > 2 mm) diminue la capacité de rétention en eau de ce sol. Une courbe de désorption en eau du sol a également été effectuée pour chacun des sites (Figure 2 et Figure 3) et a permis d'établir des durées d'irrigations raisonnées.

Rendements

Les rendements totaux en tubercules sont présentés sous formes relatives à la Figure 4, Tableau 1. Au site de SCJC, le rendement relatif total du traitement T1 n'est pas significativement différent du témoin. Toutefois, le T1 est significativement différents des traitements fertilisés T2 et T3 (respectivement $p=0,02$ et $p=0,07$) soit respectivement une augmentation de 11,2 et 7,9 %. Également, le traitement témoin est statistiquement différent de T2 et de T3 ($p=0,008$ et $p=0,03$) avec une augmentation de 10,9 et 7,6 %.

Le poids moyen relatif des tubercules, le nombre total relatif, ainsi que le poids spécifique des tubercules par traitement et par site sont également présentés au Tableau 1. Au site de SCJC, le rendement entre le T1 et le témoin sont statistiquement identiques. Par contre, en ce qui a trait au poids moyen et au nombre total de tubercules, il existe des différences intéressantes à souligner. Le poids moyen relatif des tubercules du témoin a été significativement supérieur aux T1 et T2 (respectivement $p=0,03$ et $p=0,0022$), mais significativement identique au T3. En ce qui a trait au nombre total de tubercules relatif, le nombre de tubercules du T1 a été significativement plus élevé que le T3 et le témoin ($p=0,01$ et $p=0,0073$).

La résultante sur le rendement de T1 et le témoin demeure équivalente, mais selon le marché visé, il est parfois intéressant de privilégier un poids moyen au détriment du nombre ou vice versa. Finalement, le poids spécifique du T3 a été significativement plus élevé que tous les autres traitements ce qui leur confère une meilleure qualité pour la transformation, ainsi qu'une valeur économique supérieure.

Pour le site de SJIO, le traitement T1 a obtenu un rendement relatif significativement différent du T3 et du témoin ($p=0,01$ et $p=0,07$). Malgré un rendement relatif plus faible que le T3, le T2 n'est pas statistiquement différent du T1 ($p=0,16$). De plus, il n'y a aucune différence significative entre le T2, le T3 et le témoin. Enfin, aucune différence significative n'a été observée pour le poids moyen relatif, le nombre total relatif ainsi que pour le poids spécifique.

Tableau 1. Rendement total relatif (%), poids moyen relatif (%), nombre total relatif (%) et poids spécifique des tubercules par traitement et par site, 2017.

Traitement	SCJC				SJIO			
	Rendement total relatif (%)	Poids moyen relatif (%)	Nombre total relatif (%)	Poids spécifique	Rendement total relatif (%)	Poids moyen relatif (%)	Nombre total relatif (%)	Poids spécifique
T1	100,0 a	90,6 bc	100,0 a	1,0854 bc	100,0 a	100,0	95,9	1,0885
T2	88,8 b	85,1 c	94,4 ab	1,0857 bc	80,1 ab	78,5	100,0	1,0929
T3	92,1 b	94,7 ab	88,1 c	1,0881 a	82,3 b	83,0	94,2	1,0908
Témoin	99,7 a	100,0 a	90,5 b	1,0842 c	69,4 b	72,1	91,6	1,0892
	†	†	†	†	†	n.s.	n.s.	n.s.

† Différences significatives à $p < 0,1$

L'effet du traitement sur le rendement a été marquant dans le cas du T1 puisque celui-ci a obtenu une performance équivalente ou supérieure au témoin. Dans un cas (SCJC), le rendement total n'est pas significativement différent par rapport au témoin tandis qu'au site de SJIO il le fut. D'une manière générale, les T2 et T3 ont obtenu des rendements statistiquement inférieurs au T1 à l'exception du T2 à SJIO dont le rendement inférieur ne constitue qu'une tendance.

Au niveau de l'azote, il est intéressant de constater que le T1 (160 kg N/ha) a obtenu d'aussi bons rendements que le témoin (200 kg N/ha) au site de SCJC et des rendements supérieurs à SJIO. L'apport régulier d'azote au courant de la saison aurait potentiellement permis d'augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'azote comparativement au témoin. Dans le cas des T2 et T3, les doses plus faibles d'azote (140 et 110 kg N/ha) ont eu un impact négatif sur le rendement en tubercules. Sans être des essais en fertilisation, ces résultats démontrent que le fractionnement de l'azote par la fertigation après le renchauffage pourrait être une pratique intéressante pour apporter l'azote nécessaire aux plants. Apporté régulièrement, l'azote serait moins susceptible à être lessivé massivement lors d'une précipitation forte et intense. Il est possible de croire que le fractionnement multiple de l'azote après renchauffage pourrait permettre une réduction de la dose totale d'engrais azotée apportée. Toutefois, d'autres essais devront être menés pour établir les doses à considérer.

Volume d'eau

Les volumes d'eau appliqués au courant de la saison sont présentés au Tableau 4. En comparaison, les deux sites ont pratiquement eu la même quantité d'eau au courant de la saison. Le nombre d'irrigations a également été très similaire avec 16 irrigations au site de SCJC et 15 irrigations au site de SJIO. La durée moyenne des épisodes d'irrigation a été légèrement plus longue avec 68,5 min à SJIO, soit plus de 19 minutes de plus qu'au site de SCJC.

Du 1^{er} juin au 1^{er} octobre, les sites de SCJC et de SJIO ont reçu respectivement 417,8 mm et 257,7 mm en pluviométrie totale tandis que l'évapotranspiration potentielle s'est élevée à

395 mm et 456 mm (Figure 5, Figure 6 et Figure 7). La pluviométrie du site SJIO a été nettement inférieure au site de SCJC de 160 mm, une quantité non négligeable.

Conclusion

Le T1 (160 kg N/ha) a obtenu d'aussi bons rendements que le témoin (200 kg N/ha) au site de SCJC et des rendements supérieurs au site SJIO. La réduction de la dose totale d'azote (entre 110 et 140 kg N/ha) pour les T2 et T3 a provoqué une chute de rendement significative au site SCJC en comparaison avec le T1. Pour le site de SJIO, seul le T3 a engendré une chute significative du rendement par rapport au T1. Ces résultats indiquent qu'il y a une limite à réduire la dose d'engrais azoté en post renchaussage sans affecter le rendement. Toutefois, le présent projet ne permet pas d'identifier clairement les doses à utiliser lors du fractionnement de l'azote par la fertigation.

Néanmoins, d'aussi bons rendements ont été obtenus avec une dose d'engrais azotée totale inférieure, ce qui porte à croire que le fractionnement de l'engrais en post renchaussage serait une pratique intéressante à considérer pour maximiser l'efficacité de l'utilisation de l'azote par la culture et d'en minimiser les pertes par lessivage.

Diffusion des résultats

Les résultats seront diffusés sur Agriréseau et sur le site Internet de l'IRDA. Le dispositif situé à l'Île d'Orléans a été utilisé lors de l'activité de la Caravane de l'irrigation le 19 juillet 2017. Une journée sur l'irrigation de la pomme de terre aura lieu le 8 février 2018 en collaboration avec le CRAAQ et les résultats seront alors diffusés aux producteurs et conseillers.

Applications possibles pour l'industrie

La fertigation de la pomme de terre pourrait être une pratique intéressante à mettre en place dans une optique d'optimisation de l'utilisation de l'azote et la diminution des pertes par lessivage. Toutefois, l'application de cette pratique doit être accompagnée d'un suivi adéquat. D'une part, cette pratique s'adresse à une partie seulement de l'industrie qui est équipée pour irriguer des superficies en pommes de terre. D'autre part, pour réaliser une fertigation efficace, il est nécessaire d'avoir les infrastructures qui le permettent. Le goutte à goutte est reconnu comme un système d'irrigation très efficace pour la fertigation, car ce dernier possède une très grande uniformité d'application de l'eau. Le pivot à basse pression est un système d'irrigation par aspersion qui permet aussi d'être efficace, car il possède une bonne uniformité d'application de l'eau. En ce qui a trait aux autres systèmes (canons enrouleurs, gicleurs, rampes avec enrouleurs) il est essentiel de s'assurer de l'uniformité de leur uniformité d'application.

Aussi, pour apporter les doses nécessaires avec la fertigation, le sol doit être en mesure de retenir l'eau. Ainsi, il est possible qu'à certaines périodes de la saison, il soit impossible de fertiger sans saturer le profil, surtout avec les systèmes par aspersion. Ces conditions ne sont pas souhaitables et pourraient empêcher d'apporter la dose d'azote voulue.

Cela étant, les entreprises désireuses de mettre en place cette pratique devront y aller progressivement sur la dose d'azote à appliquer avec la fertigation et mesurer précisément l'uniformité d'application de l'eau de leur système pour assurer une efficacité maximale des ressources.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Carl Boivin, agr., M. Sc., IRDA
Jérémy Vallée, agr., B. Sc., IRDA
Daniel Bergeron, agr., M Sc., DRCN du MAPAQ
Antoine Lamontagne, technicien agricole, IRDA
Michèle Grenier, biostatisticienne, M. Sc., IRDA

REMERCIEMENTS

Maxime Proulx, Expert-conseil en productions végétales, Coop Univert

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Carl Boivin, agr., M.Sc. (responsable scientifique)
Chercheur
IRDA
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 430
carl.boivin@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du sous-volet 3.2 du programme Prime-Vert – Approche interrégionale avec une aide financière du ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation.

Nous voulons également remercier la Ferme F.X. Orléans ainsi que la Ferme Victorin Drolet Inc. pour leurs engagements respectifs envers le projet et aussi pour l’aide technique fournie tout au long des essais agronomiques.

ANNEXES

Matériel et méthode (suite)

Traitements

Tableau 2. Dose d'azote appliquée (kg/ha) selon le moment et le traitement.

Période/stade	Fertilisation azotée appliquée (kg/ha)			
	Régie producteur	T1	T2	T3
Plantation	50	50	50	50
Sarclage	60	60	60	60
Renchaussage	90	0	0	0
Fertigation*	0	50	30	0
Total	200	160	140	110

*1 épisode de fertigation représente 10 kg N/ha

Dispositif expérimental

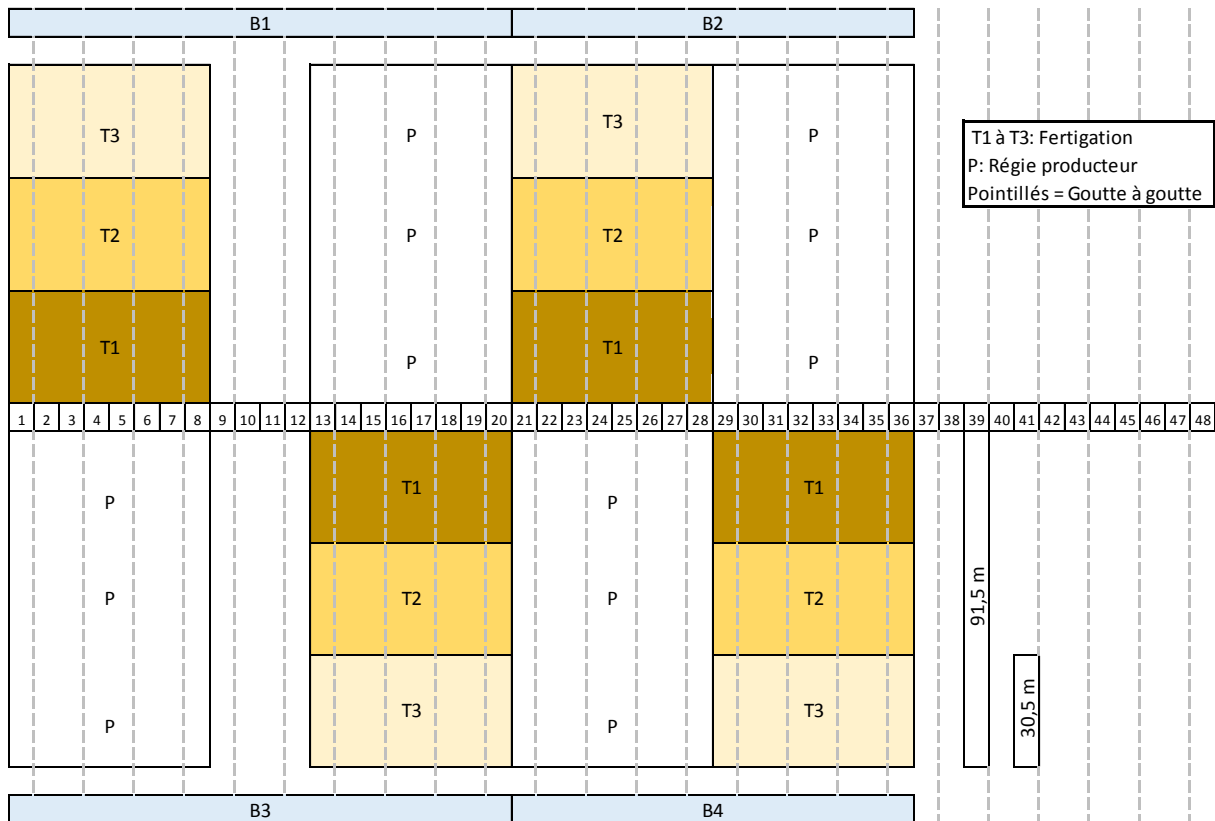


Figure 1. Dispositif expérimental au site SJIO.

Instrumentation

Deux tubes de goutte à goutte (SCJC) ou quatre tubes de goutte à goutte (SJIO) ont été installés dans chacune des parcelles. Ces derniers ont été installés dans l'entre-rang. L'irrigation a été pilotée avec un tensiomètre et la consigne de déclenchement ainsi que la durée d'irrigation ont été déterminées à partir de la caractérisation des propriétés physiques du sol (Tableau 3, Figure 2 et Figure 3).

Un débitmètre a été installé sur chacun des sites afin de mesurer et recenser les épisodes d'irrigation. Les rendements en tubercules ont été mesurés. Enfin, un pluviomètre a été installé sur chacun des sites.

La récolte s'est effectuée le 28 septembre 2017 au site SCJC et le 5 octobre au site SJIO. Au site de SCJC, la récolte s'est effectuée en partie à l'aide d'une arracheuse de pommes de terre et en partie à la main. La récolte s'est effectuée sur deux rangs contigus, situés au centre de la parcelle. Le prélèvement des tubercules a été fait sur 8 m par rang, soit un total de 16 m linéaires par parcelle. Au site SJIO, la récolte a été réalisée à la main en récoltant 5 plants consécutifs sur deux rangs pour un total de 10 plants par parcelle. Par la suite, les pommes de terre ont été nettoyées, criblées et pesées pour déterminer le rendement.

Le poids spécifique a été mesuré à partir d'un sous-échantillon de 3 kg de tubercules par parcelle. Le sous-échantillon a d'abord été pesé (poids dans l'air). Les tubercules ont ensuite été immergés dans l'eau et le poids a été noté à nouveau (poids dans l'eau). Le poids spécifique est issu de la division du poids dans l'air par la différence entre le poids dans l'air et celui dans l'eau.

Modèle statistique

Les données de rendement ont été analysées en ajustant un modèle mixte à l'aide de la procédure PROC MIXED de SAS (version 9.4). Les effets fixes sont la fertigation (parcelle principale fertiguée ou du producteur), la sous parcelle qui correspond à la distance de la ligne d'irrigation (Ligne 1, ligne 2 ou ligne 3) et l'interaction entre ces deux facteurs. Les effets aléatoires sont les blocs, l'interaction bloc \times parcelle_principale et l'erreur résiduelle. La distance de la ligne d'irrigation est un facteur de mesures répétées et une matrice de variance-covariance est modélisée pour tenir compte des corrélations plus fortes entre les parcelles plus rapprochées entre elles. Le test de F de l'effet fixe de la parcelle principale a permis de conclure s'il existait un effet global significatif de la fertigation. Le test de F de l'effet fixe de la ligne a déterminé si la distance de la parcelle à la ligne d'irrigation a eu un effet significatif sur le rendement. Cet effet peut être différent dans les parcelles fertiguées et dans les parcelles du producteur, ce qui se traduit par une interaction parcelle principale \times ligne significative. Plusieurs contrastes ont été effectués (tests de t) pour déterminer s'il existait des différences significatives entre les traitements T1, T2, T3 et les parcelles non fertiguées du producteur (témoin).

Résultats

Tableau 3. Analyses physico-chimiques des sols, 2017.

Analyse	Site	
	SJIO	SCJC
Détritus (%)	26,0	4,4
pH	5,0	5,0
M.O. (%)	2,4	5,7
Sable très gros (%)	20	6
Sable gros (%)	21	19
Sable moyen (%)	7	31
Sable fin (%)	3	26
Sable très fin (%)	1	6
Limon gros (%)	2	3
Limon moyen (%)	8	0
Limon fin (%)	9	2
Sable (%)	52	87
Limon (%)	19	5
Argile (%)	28	8
Texture	loam sablo-argileux	sable loameux

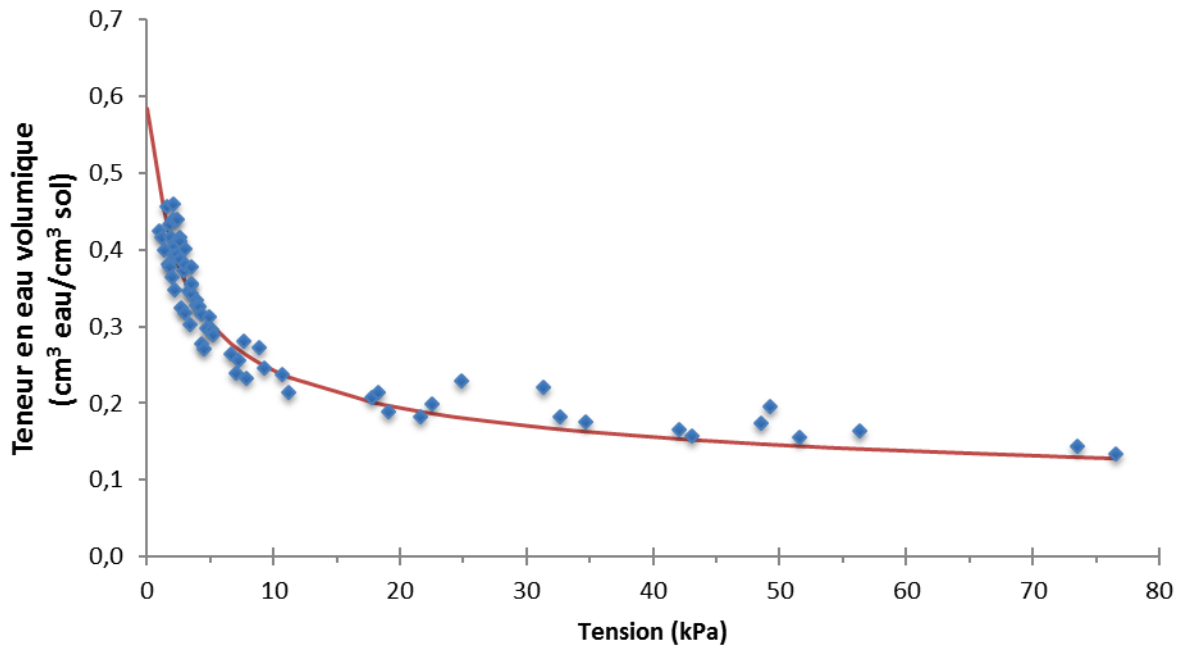


Figure 2. Courbe de désorption en eau du sable loameux, site SCJC, 2017.

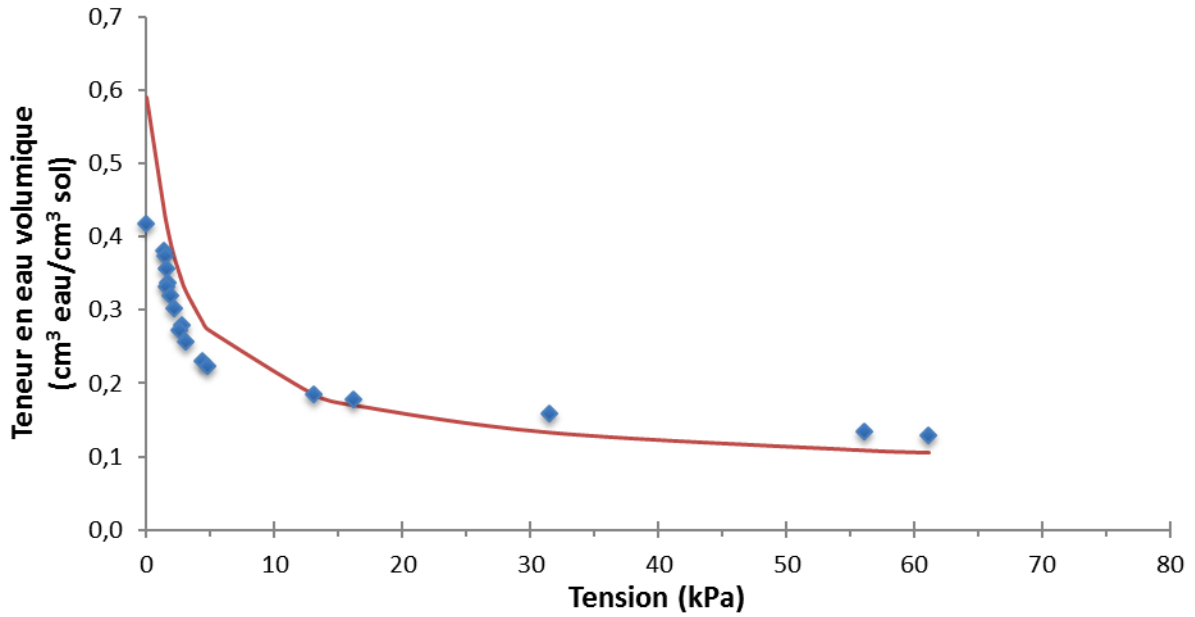
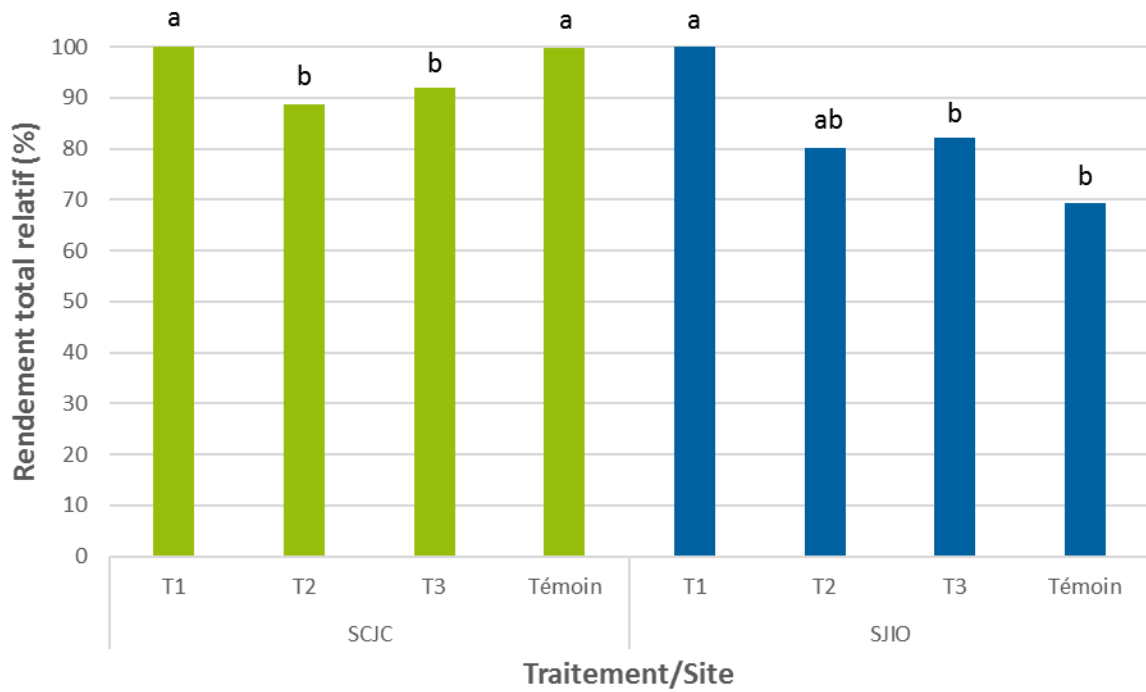


Figure 3. Courbe de désorption en eau du loam sablo-argileux, site SJIO, 2017.



Différences significatives à $p < 0,1$

Figure 4. Rendement total relatif (%) en tubercules selon le site et le traitement, 2017.

Tableau 4. Nombre d'irrigations, durée (min) et quantité d'eau appliquée (mm) selon le site, 2017.

<i>Site</i>	<i>Nombre d'irrigations</i>	<i>Durée moyenne (min)</i>	<i>Hauteur d'eau moyenne appliquée par irrigation (mm)</i>	<i>Hauteur totale d'eau appliquée (mm)</i>
<i>SCJC</i>	16	50	3,1	49,4
<i>SCJO</i>	15	68,5	3,4	50,2

Tableau 5. Nombre de fertigrations et quantité d'eau équivalente (mm) selon les traitements, 2017.

<i>Traitement</i>	<i>Nombre de fertigrations</i>	<i>Hauteur d'eau moyenne appliquée par fertigation (mm)</i>	<i>Hauteur d'eau moyenne appliquée par irrigation* (mm)</i>	<i>Hauteur totale d'eau appliquée (mm)</i>
<i>T1 (160 kg N/ha)</i>	5	1,9	0	9,5
<i>T2 (140 kg N/ha)</i>	3	1,9	3,8	9,5
<i>T3 (110 kg N/ha)</i>	0	0	9,5	9,5
<i>Témoin (200 kg N/ha)</i>	0	0	9,5	9,5

* Une quantité d'eau équivalente à la fertigation a été appliquée aux autres traitements non fertigués.

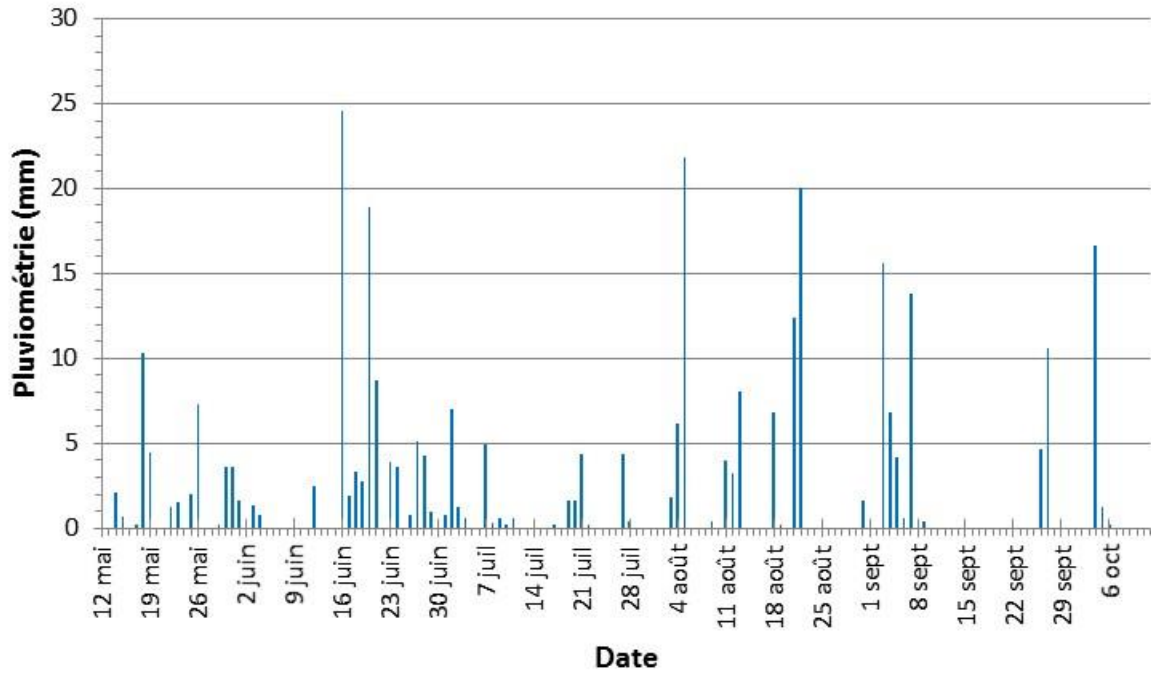


Figure 5. Pluviométrie mesurée (mm) au site Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans, 2017.

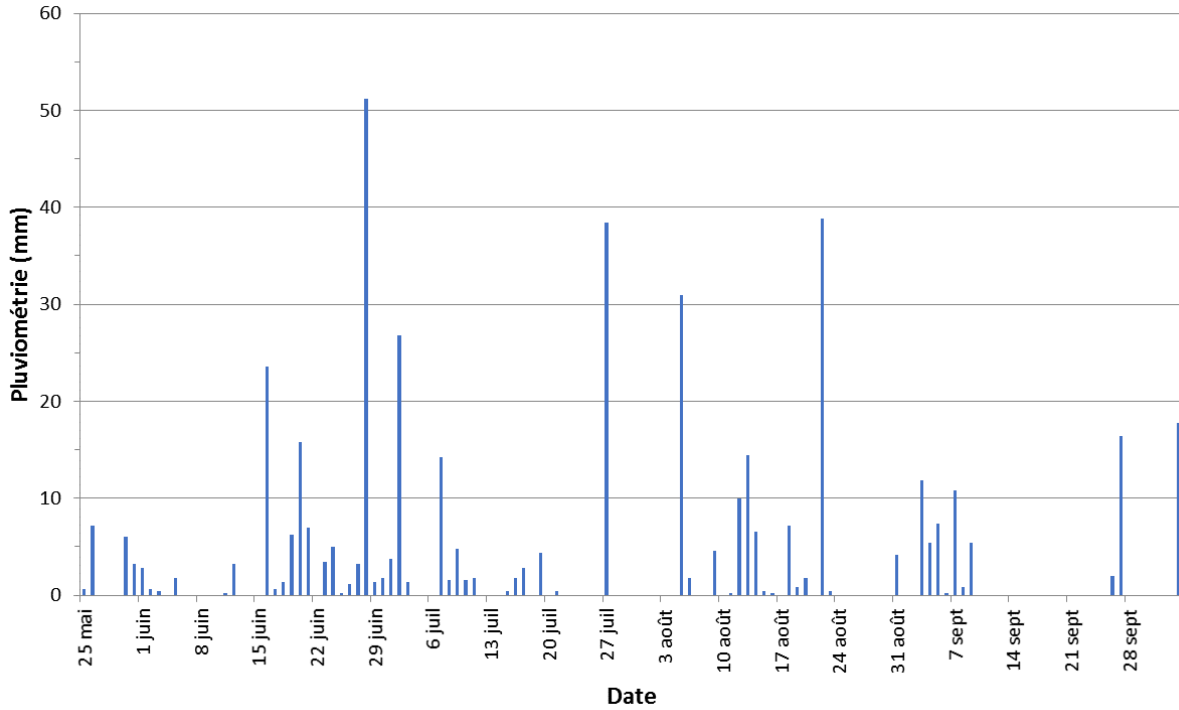


Figure 6. Pluviométrie mesurée (mm) au site Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, 2017.

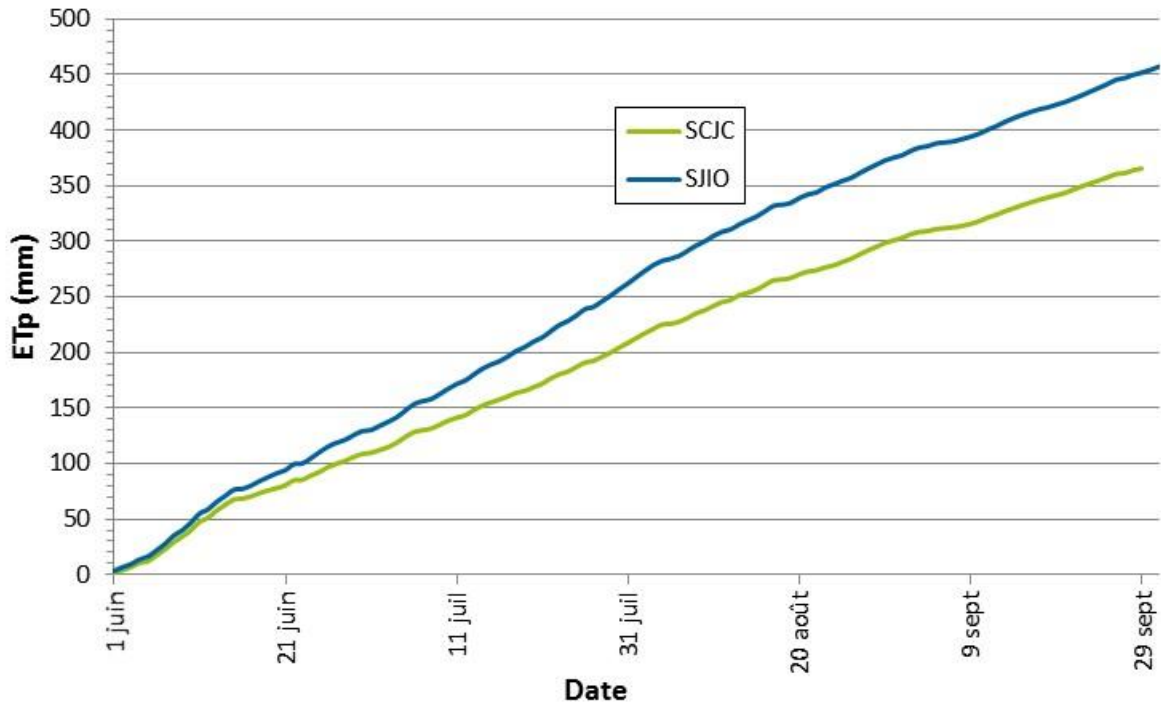


Figure 7. Évapotranspiration potentielle (mm) aux sites SCJC et SJIO, 2017.