

RAPPORT FINAL

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ D'UTILISATION DE L'EAU DE PLUIE ET D'IRRIGATION PAR LA CULTURE : INTERVENIR DANS LE SYSTÈME CULTURAL DE LA POMME DE TERRE



Jérémie Vallée, agr. - IRDA

Carl Boivin, agr., M.Sc. - IRDA

Daniel Bergeron, agr., M.Sc. - DRCN du MAPAQ

Antoine Lamontagne, technicien agricole - IRDA

Février 2019



L'IRDA a été constitué en mars 1998 par quatre membres fondateurs, soit le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations (MEIE).

L'IRDA est une corporation de recherche à but non lucratif qui travaille chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

Notre mission

L'IRDA a pour mission de réaliser des activités de recherche, de développement et de transfert en agroenvironnement visant à favoriser l'innovation en agriculture, dans une perspective de développement durable.

Notre vision

En 2016, l'IRDA est reconnue à l'échelle canadienne comme un chef de file en recherche, développement et transfert en agroenvironnement. L'IRDA se démarque par son approche intégrée et par le dynamisme de ses partenariats qui lui permettent d'anticiper les problèmes et de proposer des solutions novatrices répondant aux besoins des agriculteurs et de la société.

Pour en savoir plus

www.irda.qc.ca

PARTENAIRE



ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

- Responsable du projet : Carl Boivin, agr., M.Sc. - IRDA
- Chargé de projet : Jérémie Vallée, agr., B.Sc. - IRDA
- Daniel Bergeron, agr., M.Sc. - DRCN du MAPAQ
- Antoine Lamontagne, Technicien agricole - IRDA
- Michèle Grenier, M.Sc., Biostatisticienne - IRDA

COLLABORATEURS

Norbert Drolet - Ferme Victorin Drolet

Stéphane Blouin - Ferme F.X. Orléans

Patrick Chatelle, DroneXperts

Les lecteurs qui souhaitent commenter ce rapport peuvent s'adresser à :

Carl Boivin

IRDA

2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

418 643-2380, poste 430

carl.boivin@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche est réalisé grâce à une aide financière accordée par le Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région (PADAAR).

TABLE DES MATIÈRES

1	Mise en contexte	1
2	Description	2
3	Objectif	3
4	Matériel et méthode	4
	Sites expérimentaux	4
	Dispositifs expérimentaux	4
	Modification de la machinerie	5
	Conditions météorologiques	6
	Statut hydrique du sol	6
	Estimation du prélèvement avec TDR	6
	Nombre d'irrigations et volume total d'eau utilisé	6
	Rendement en tubercules et calibre	7
5	Analyse des résultats	9
	Conditions météorologiques	9
	Gestion des irrigations	9
	Prélèvement en eau	11
	Irrigation	17
	Rendements et qualité	18
6	Constats	19
7	Activités de diffusion	20
8	Annexe	21
9	Bibliographie	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Chronologie des opérations au champ, site SCJC.....	8
Figure 2. Chronologie des opérations au champ, site SJIO.	8
Figure 3. Chronique de la teneur en eau volumique du sol (cm^3 eau / cm^3 sol) pour l'ensemble des traitements, site SCJC.....	12
Figure 4. Quotidiennement, du 10 au 16 août au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 premiers cm de sol de la butte pour le Témoin + I et la Buttes 2.0 + I, ainsi que l'ET _p (mm).	13
Figure 5. Quotidiennement, du 4 au 11 septembre au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 premiers cm de sol de la butte pour le Témoin + I et la Buttes 2.0 + I, ainsi que l'ET _p (mm).....	14
Figure 6. Quotidiennement, du 10 au 16 août au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 et 20 premiers cm de sol, respectivement pour le Témoin + NI et la Buttes 2.0 + NI, ainsi que l'ET _p (mm).	15
Figure 7. Quotidiennement, du 4 au 11 septembre au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 et 20 premiers cm de sol, respectivement pour le Témoin + NI et la Buttes 2.0 + NI, ainsi que l'ET _p (mm).	16
Figure 8. Chronique de la teneur en eau volumique (cm^3 eau / cm^3 sol) du 19 au 22 août, site SCJC.	17
Figure 9. Poids total relatif par plant (%) selon l'architecture du système cultural et la régie d'irrigation au site SJIO, 2018.	18
Figure 10. Dispositif expérimental du site SCJC, 2018.....	21
Figure 11. Dispositif expérimental du site SJIO, 2018.	22
Figure 12. Schéma du système cultural conventionnel avec espacement centre-centre de 91,4 cm entre les rangs et de l'emplacement du tube de goutte-à-goutte.	23
Figure 13. Schéma du système cultural 2.0 avec espacement centre-centre de 91,4 ou 76,2 cm entre les rangs et de l'emplacement du tube de goutte-à-goutte.....	23
Figure 14. Vue du planteur 4 rangs (la roue extérieure est celle complètement à gauche de la photographie). ..	24
Figure 15. Renhausseur modifié au site SCJC.	25
Figure 16. Sarcleur modifié au site SJIO.	26
Figure 17. Pluviométrie (mm) enregistrée entre le 5 juin et le 30 août 2018, SCJC et SJIO.....	27
Figure 18. Évapotranspiration potentielle (mm) mesurée au site de SJJC.....	28
Figure 19. Évapotranspiration potentielle (mm) mesurée au site de SJIO.....	28
Figure 20. Programme officiel de l'Atelier sur la gestion d'irrigation dans la pomme de terre.....	30
Figure 21. Support visuel utilisé pour présenter le projet lors de l'Atelier du 14 août 2018.....	33
Figure 22. Profondeur racinaire Butte 2.0 + NI, site SJIO.	34
Figure 23. Profondeur racinaire Butte 2.0 + I, site SJIO.....	34

1 MISE EN CONTEXTE

La pomme de terre est une culture importante pour les régions de la Capitale-Nationale et de Chaudière-Appalaches. Ce sont environ 5000 ha qui sont cultivés en pommes de terre sur l'ensemble de ce territoire, ce qui représente un peu plus de 28 % de la superficie totale cultivée en pommes de terre au Québec.

Cette culture a la particularité d'avoir un système racinaire peu développé et inefficace pour prélever l'eau et les nutriments du sol. De plus, elle est habituellement cultivée sur des sols légers qui ont une faible capacité de rétention en eau. Dans de telles conditions, les producteurs doivent donc avoir recours à l'irrigation afin d'obtenir des rendements en volume et qualité pour satisfaire les besoins des marchés et pour assurer une pérennité de leur entreprise. Ainsi, l'irrigation est de plus en plus utilisée dans la production de pommes de terre au Québec. Au début des années 2000, cette pratique était observée sur environ 2300 ha tandis que ce sont maintenant plus de 6600 ha qui bénéficient de cette technique. Pour l'ensemble du territoire, le portrait est le suivant :

- Capitale-Nationale : 960 ha irrigués sur les 4520 cultivés;
- Chaudière-Appalaches : 150 ha irrigués sur les 521 présents.

Les quantités d'eau à appliquer sont variables selon les années et peuvent être très importantes en période de sécheresse. Pour l'ensemble du territoire, il est fréquent d'observer des besoins en eau de l'ordre de 1500 m³/ha/an.

Des projets réalisés au cours des dernières années par la direction régionale de la Capitale-Nationale du MAPAQ et l'IRDA ont clairement démontré que l'efficacité de l'eau provenant des précipitations ou appliquée par irrigation n'est pas optimale dans le système cultural actuel de la pomme de terre. La configuration des buttes et l'architecture du plant de pommes de terre en sont la cause (Boivin, 2018). Lors d'un apport d'eau (pluie ou irrigation par aspersion), une proportion importante est détournée vers l'entre-rang, au détriment du centre de la butte où est l'engrais.

Il en découle également une faible efficacité des fertilisants apportés. En effet, le taux d'utilisation du N apporté par cette culture est généralement sous les 50 % (Landry et Boivin, 2013; Landry et Boivin, 2014; Ziadi et coll., 2017). Conséquemment, la moitié de l'azote apporté sur les 17 000 ha cultivés en pommes de terre au Québec risque d'être perdue dans l'environnement.

Des publications démontrent qu'il y a lessivage de nitrate en production commerciale de pommes de terre, avec ses implications sur la qualité de l'eau potable et la santé humaine (Giroux, 2003). Par exemple, au Québec, une campagne d'échantillonnage menée par le MDDEP en 2008 et 2009 révélait que l'eau de 40 % des puits situés dans les régions productrices de pommes de terre excédait la norme pour l'eau potable (Giroux et Sarrasin, 2011). Par ailleurs, au nitrate lessivé durant l'année d'application s'ajoute le nitrate résiduel de la saison précédente. Ce nitrate, laissé au sol après la saison de production, est très sensible au lessivage lors des pluies d'automne ou au printemps suivant lors de la fonte de la neige.

2 DESCRIPTION

Ce projet propose d'intervenir dans un système cultural typique de celui de la pomme de terre afin de favoriser la valorisation de l'eau et de l'azote par cette culture. Pour ce faire, il propose des interventions qui visent à augmenter la capacité de rétention en eau (précipitations ou irrigations) du système cultural et à augmenter le volume de sol colonisé par les racines et où l'azote apporté a un potentiel d'être prélevé par la culture. Ainsi, il serait même envisageable de diminuer la quantité d'azote apporté sous forme d'engrais et, par conséquent, de réduire les risques de pollution de la nappe phréatique.

Des essais menés aux États-Unis et en Europe ont démontré un potentiel pour cultiver différemment la pomme de terre et ainsi augmenter l'efficacité de l'eau et des fertilisants. Ces interventions se sont concentrées dans la confection de lit « Beds » de plantation où de 3 à 7 rangs de plants de pommes de terre y sont implantés. Ces lits demandent des modifications importantes à plusieurs équipements et l'acquisition de nouvelles machineries. De plus, ces lits sont formés dès la plantation et aucun renchaussage n'est effectué par la suite. Avec les conditions printanières froides et humides du Québec, l'approche par « Beds » est risquée. D'autant plus, qu'en absence de renchaussage, le planton doit être semé plus profond.

L'approche proposée par ce projet permet de profiter du réchauffement printanier du système actuel avec une modification à un moment où le réchauffement du sol est moins critique.

Trois zones de sol sont considérées dans ce système :

- **CENTRALE** : zone au centre de la butte où l'on retrouve le planton et l'engrais appliqué à la plantation. Cette zone est la première qui est colonisée par les racines. Une fois le sol asséché par le prélèvement en eau de la culture, cette zone est plus difficile à réhumecter que les autres.
- **BAS DE LA BUTTE** : zone qui est au bas de la butte, aux abords et en partie dans l'entre-rang. La surface de cette zone est exposée à l'air et son volume est accru à la suite du renchaussage. Cette zone est favorablement approvisionnée en eau comparativement à la zone centrale.
- **ADDITIONNELLE** : cette zone n'existe pas dans le système cultural conventionnel et s'ajoute lors du renchaussage. Une fois formée, elle occupe un espace laissé « vide », à raison d'un entre-rang sur deux (Figure 13). Les buttes sont alors fusionnées par groupe de deux. Le sol utilisé pour aménager cette zone est récupéré du côté des entre-rangs laissés « vacants ».

3 OBJECTIF

Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des fertilisants dans la production de la pomme de terre.

- A) Intervenir afin d'augmenter :
 1. Le poids en tubercules produits par unité d'azote apportée;
 2. La quantité de tubercules produite par unité d'eau d'irrigation apportée.
- B) Comparer les systèmes culturaux en termes de potentiel de rentabilité quant à leur adoption et leur utilisation.

4 MATÉRIEL ET MÉTHODE

SITES EXPÉRIMENTAUX

Le projet s'est déroulé sur deux sites dont les sols sont représentatifs de ceux utilisés pour la production de la pomme de terre dans la région soit un sol sableux à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (SCJC) et un sol de type loam sablo-argileux graveleux à Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans (SJIO). La variété de pommes de terre sélectionnée pour les essais a été la *Russet Burbank* pour les deux sites.

DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

Deux dispositifs expérimentaux ont été développés selon les particularités des champs. Des schémas simplifiés de ces derniers sont présentés aux Figure 10 et Figure 11. Les parcelles étaient constituées de quatre buttes de largeur à l'exception du traitement avec butte 2.0 où seulement une butte 2.0 avec zone additionnelle a été créée au site SCJC uniquement. L'espacement entre les buttes était de 91,4 cm (36 po) pour l'ensemble des buttes à SJIO et également de 91,4 cm (36 po) pour l'ensemble des traitements à SCJC à l'exception du traitement avec buttes 2.0 où l'espacement était de 76,2 cm (30 po). Les dispositifs expérimentaux étaient en tiroirs (*Split-Plot*) où l'architecture du système, combiné à l'emplacement du N (Buttes 2.0, Conventionnel et Conventionnel avec N au bas de la butte au fractionnement) était en parcelle principale et l'irrigation (Irrigation et Sans irrigation) en sous-parcelles. Les traitements ont été répétés 4 fois au site SCJC et 5 fois au site SJIO, à l'intérieur d'un plan en blocs complets aléatoire. Les traitements comparés sont présentés au Tableau 1.

Tableau 1. Description des traitements comparés selon le type de système cultural, la régie de fertilisation azotée et la régie d'irrigation.

Traitement	Type de système cultural	Régie fertilisation azotée (emplacement)	Irrigation	Acronyme
T1	Buttes 2.0 (Zone additionnelle)	N incorporé dans la butte (plantation, sarclage) et dans la zone additionnelle (sarclage ou renchaussage)	Avec	Buttes 2.0 + I
T2			Sans	Buttes 2.0 + NI
T3	Conventionnel	N incorporé dans ou sur la butte	Avec	Témoin + I
T4			Sans	Témoin + NI
T5		N incorporé au bas de la butte au fractionnement	Avec	Bas de butte + I
T6			Sans	Bas de butte + NI

La fertilisation a été fractionnée en trois applications soit : à la plantation, au sarclage et au renchaussage. La proportion de ces applications est présentée au Tableau 2. Il a techniquement été impossible de fractionner l'apport d'azote dans l'entre-rang et dans la butte pour les traitements T5 et T6. Cette proportion a plutôt atteint 36 et 45 % pour les sites SJIO et SCJC respectivement et s'est fait uniquement dans l'entre-rang.

Tableau 2. Proportion de la fertilisation azotée apportée selon le moment d'application et l'emplacement, par site et par traitement.

Site	Traitement	Opération culturale Emplacement engrais	Proportion de la fertilisation azotée apportée (%)					
			Plantation		Sarclage		Renchaussage	
			Butte	Butte	Entre-rang	Butte	Entre-rang	
SJIO	T1-T2		27	36	37	-	-	
	T3-T4		27	36	-	37	-	
	T5-T6		27	36	-	-	37	
SCJC	T1-T2		27	27	-	-	46	
	T3-T4		27	27	-	46	-	
	T5-T6		27	27	-	-	46	

L'irrigation par goutte-à-goutte a été retenue, car il aurait été difficile d'inclure tous ces traitements à l'intérieur d'un dispositif expérimental avec un système par aspersion. En effet, plusieurs rangs de garde auraient alors dû être présents entre les unités expérimentales (parcelles) pour être protégés de la dérive de l'eau. Pour T1 et T2, le tube de goutte à goutte a été installé dans la zone « Additionnelle ». Pour T3, T4 et T5, le goutte-à-goutte a été installé dans l'entre-rang à raison de deux entre-rangs par parcelle. Un schéma des zones à l'étude est illustré aux Figure 12 et Figure 13.

L'espacement « centre-centre » des buttes 2.0 a été variable selon le site. Au site SCJC, l'espacement entre les buttes (avant la formation de la nouvelle butte 2.0) était de 76 cm (30 po). Le but était d'obtenir une butte 2.0 plus étroite augmentant ainsi la densité de plants à l'ha. Ceci a été possible en rapprochant deux passages de planteur. Il est à noter que l'entre-rang où la machinerie a roulé à deux reprises (la roue extérieure du planteur, Figure 14) constituait la zone additionnelle de la butte 2.0. Il n'est pas exclu que cette pratique ait pu engendrer une compaction localisée. Au site SJIO, l'espacement centre-centre des buttes était de 91,4 cm (36 po) peu importe le traitement. Ainsi, les zones additionnelles se situaient à l'intérieur du passage du planteur. De cette manière, les roues du tracteur passaient directement dans la zone additionnelle (à la plantation et au sarclage). Pour éviter la compaction, le sol était travaillé grâce aux dents du sarclage. Dans les deux sites, l'adaptation de la machinerie s'est effectuée selon les possibilités et les contraintes des équipements. La conception d'une machinerie pleinement adaptée à cette tâche reste encore à faire.

MODIFICATION DE LA MACHINERIE

La réalisation de la butte 2.0 a nécessité d'apporter des modifications à la machinerie existante du producteur afin de pouvoir créer une zone additionnelle. Au site SCJC, les modifications se sont effectuées sur le renhausseur (Figure 15). L'installation d'un versoir modifié a permis de projeter du sol vers l'entre-rang de la butte 2.0. En passant de chaque côté de la butte (dont un passage à contresens) le sol a été projeté dans la zone additionnelle par les entre-rangs de part et d'autre de la butte 2.0. Au site SJIO, les modifications apportées à la machinerie l'ont été sur le sarclage où des panneaux métalliques ont été ajoutés pour remblayer un entre rang sur deux et ainsi former une zone additionnelle (Figure 16). Comparativement au site SCJC, la formation de la butte 2.0 s'est effectuée avec un seul passage de la machinerie au lieu de deux.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Des stations météorologiques, situées sur le site ou à proximité ont été installées, SJIO (46.903749°, -70.974781°), SCJC (46.816097°, -71.690265°) ont permis de mesurer la température et l'humidité relative de l'air (Rotronic, HC-S3 ou HC2-S3), la radiation solaire (*Apogee Instruments*, SP-110 ou *Kipp & Zonen*, CMP3-L), la vitesse et la direction du vent (R.M. Young, 05103) ainsi que la pluviométrie (Onset computer corporation, HOBO RG3-M ou Texas Electronics, TR-525M). Les données ont été enregistrées avec un acquiiseur de données (Campbell Scientific CR1000 ou CR200x) relié à modem cellulaire (Microhard Systems, IPn3Gb). Les données pouvaient ainsi être consultées à distance. Le calcul de l'évapotranspiration a été effectué à l'aide de la formule standardisée de Penman-Montheith (ASCE, 2005).

STATUT HYDRIQUE DU SOL

Le suivi du statut hydrique du sol s'est fait au moyen de sondes TDR (Campbell Scientific, CS616 ou CS625) reliées à des acquiiseurs de données (Campbell Scientific, CR10 ou CR300). En somme, chaque traitement a été suivi avec des mesures effectuées au centre de la butte et dans l'entre-rang. Les mesures ont été acquises à un intervalle régulier de 15 minutes.

ESTIMATION DU PRÉLÈVEMENT AVEC TDR

La variation quotidienne de la teneur en eau volumique dans les 30 premiers cm du sol (20 cm de sol pour les entre-rangs), mesurée avec les sondes TDR, a été rapportée en mm d'eau. La valeur obtenue a pu être utilisée pour évaluer l'évapotranspiration de la culture (ET_r - TDR). Pour y parvenir, la valeur mesurée à 18 h (entre le 10 juillet et le 3 octobre pour SJIO et du 6 juillet au 19 septembre au site SCJC) a été soustraite de la valeur mesurée à 7 h, et ce, pour chacune des sondes TDR. Les valeurs issues de journées où il y a eu des précipitations et celles au lendemain de ces précipitations ont été éliminées. Par la suite, ces prélèvements (ET_r - TDR) ont été mis en relation avec l'évapotranspiration potentielle horaire pour déterminer un coefficient cultural estimé (k_c) tel que décrit par Allen et coll. (1998).

$$k_c = \frac{ET_r}{ET_p}$$

NOMBRE D'IRRIGATIONS ET VOLUME TOTAL D'EAU UTILISÉ

Le nombre d'irrigations a été suivi au site SCJC grâce à un débitmètre (*Seametrics*, TX-80) relié à un acquiiseur de données (*Campbell Scientific*, CR200X). Les données ont été enregistrées chaque minute. Ainsi, la durée et le volume de chaque épisode d'irrigation ont été comptabilisés.

RENDEMENT EN TUBERCULES ET CALIBRE

Le rendement en tubercules a été mesuré manuellement le 19 septembre 2018 au site de SCJC et le 9 octobre 2018 au site SJIO. Pour ce faire, 5 plants consécutifs et représentatifs de la parcelle ont été récoltés (T3 à T6) tandis que pour le traitement T1 et T2, 5 plants consécutifs et représentatifs de la parcelle ont été récoltés de chaque côté de la zone additionnelle (est et ouest). Les rendements ont été analysés avec la procédure mixte de SAS.

Le classement des tubercules a été fait selon les critères utilisés par les entreprises qui ont participé au projet. Ainsi, les tubercules vendables avaient un diamètre compris entre 47,6 mm et 88,9 mm tandis que les tubercules rejetés avaient un diamètre de moins de 47,6 mm ou plus de 88,9 mm.

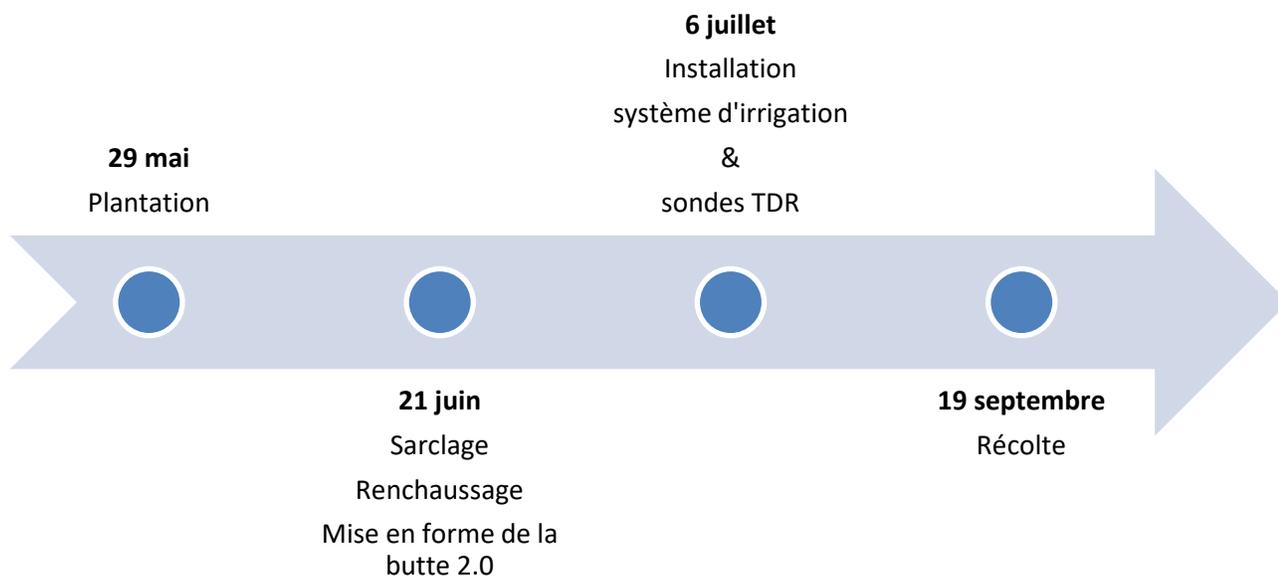


Figure 1. Chronologie des opérations au champ, site SCJC.

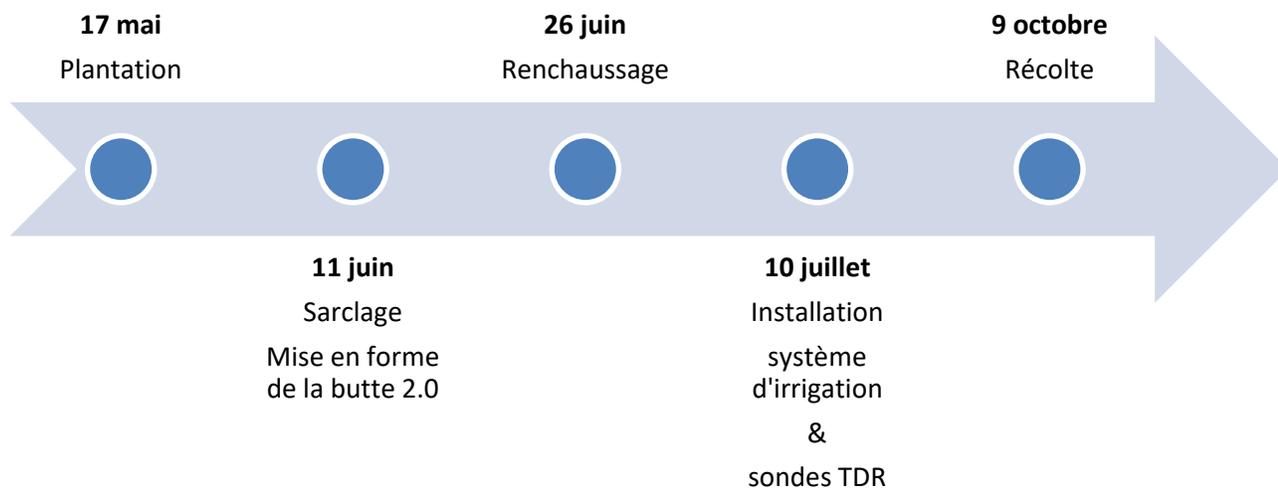


Figure 2. Chronologie des opérations au champ, site SJIO.

5 ANALYSE DES RÉSULTATS

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Les conditions météorologiques de la saison 2018 (5 juin au 29 août) sont présentées aux Figure 17 et Figure 18. La pluviométrie enregistrée a atteint 270 mm au site de SJIO et 378 mm au site de SCSJ. L'évapotranspiration potentielle (ET_p) a atteint 369 mm au site de SJIO et 356 mm à SCJC durant la même période, soit du 5 juin au 29 août.

GESTION DES IRRIGATIONS

La gestion des irrigations s'est réalisée grâce à des bulletins d'irrigation périodiques. Ces bulletins proposaient des temps d'irrigation basés sur les données d' ET_p des stations météorologiques. Les demandes en ET_p étaient ainsi converties en temps d'irrigation théorique. Le nombre, la durée et la hauteur d'eau des irrigations réalisées à SCJC sont présentés au Tableau 3.

Tableau 3. Nombre d'irrigations, durée totale en minutes et hauteur d'eau équivalente en mm au site SCJC.

Date	Nombre d'irrigations	Durée totale (min)	Hauteur d'eau (mm) *
13-juil	2	97	4,7
14-juil	1	66	2,5
15-juil	3	127	5,8
16-juil	2	114	4,7
18-juil	2	80	3,2
19-juil	3	139	5,8
20-juil	3	144	6,4
21-juil	3	103	4,6
22-juil	3	204	7,8
29-juil	2	122	5,9
30-juil	2	136	4,3
01-août	2	138	6,3
02-août	1	47	2,0
03-août	1	32	1,4
11-août	2	124	5,1
12-août	2	83	3,5
13-août	3	115	5,2
14-août	3	113	5,1
15-août	2	98	4,4
16-août	3	120	5,4
17-août	2	96	4,1
20-août	1	45	2,1
27-août	3	147	6,2
28-août	2	129	5,8
29-août	1	39	1,7
30-août	1	44	2,0
31-août	3	152	6,9
01-sept	1	69	3,2
05-sept	1	70	3,4
06-sept	1	63	3,0
07-sept	1	51	2,3
08-sept	2	133	6,2
09-sept	2	119	5,7
10-sept	1	75	3,5
12-sept	1	58	2,7
13-sept	2	145	6,9
14-sept	1	58	2,6
Total saison	71	3695	162,4

* Hauteur d'eau moyenne calculée avec une efficacité fixée à 90 %.

PRÉLÈVEMENT EN EAU

L'évolution du statut hydrique du sol, mesuré avec les sondes TDR, pour le site SCJC est présentée à la Figure 3. Malheureusement, la qualité des données au site SJIO n'a pas permis de faire une analyse exhaustive du statut hydrique du sol. À SCJC, le suivi du statut hydrique du sol (6 juillet au 18 septembre) a permis d'identifier quelques périodes où le risque de stress hydrique était plus important. L'analyse des sondes a indiqué trois périodes où les traitements non irrigués se sont continuellement asséchés. Sommairement, ces périodes « critiques » ont été du 18 au 23 juillet, du 10 au 16 août et du 4 au 11 septembre. Durant ces périodes, il est intéressant de s'attarder aux prélèvements quotidiens estimés avec les sondes TDR et de comparer ces valeurs à l'évolution de l'ET_p.

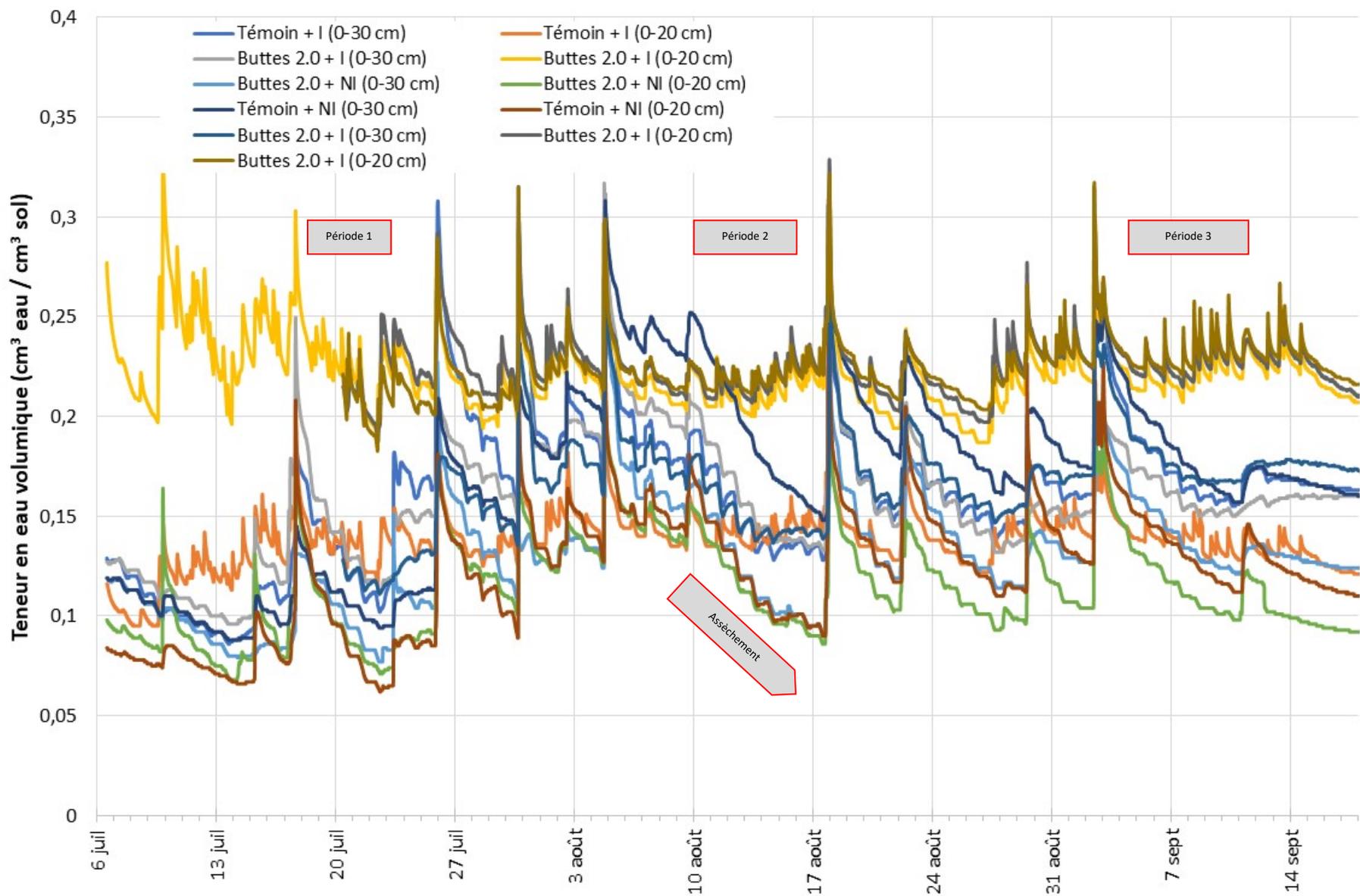


Figure 3. Chronique de la teneur en eau volumique du sol ($\text{cm}^3 \text{ eau} / \text{cm}^3 \text{ sol}$) pour l'ensemble des traitements, site SCJC.

Les prélèvements estimés dans la butte (sur le rang) pour les traitements Témoins et Buttes 2.0 sont présentés pour la Période 2 et la Période 3 (Figure 4 et Figure 5). Entre le 10 et le 12 août inclusivement, le prélèvement estimé avec les TDR pour les deux traitements semble suivre assez fidèlement l'évolution de l' ET_p mesurée au site. Par la suite, au 13 août, le prélèvement estimé diminue pour le traitement Témoin + I, ainsi que pour le traitement Buttes 2.0 + I. Sans contrainte, le prélèvement de la journée du 13 août aurait dû être près du prélèvement estimé le 11 août, car les valeurs d' ET_p mesurées pour ces deux journées sont très proches l'une de l'autre. Cette tendance à la baisse se poursuit jusqu'au 15 août où les prélèvements estimés ont été bien inférieurs à la demande en ET_p de la journée. Les irrigations se sont succédé du 11 au 16 août (Tableau 3) apportant des quantités d'eau non négligeables. Ainsi, il a été impossible d'estimer le prélèvement dans l'entre rang à l'aide des TDR. Néanmoins, le prélèvement au centre de la butte semble diminuer, ce qui pourrait indiquer que le plant n'est plus en mesure de prélever une aussi grande quantité dans cette zone. Globalement, le risque de stress hydrique était plus important durant cette période, puisque le prélèvement au centre de la butte semblait limité, il ne restait que le volume de sol à la portée du système d'irrigation qui pouvait alimenter sans contrainte le système racinaire en eau.

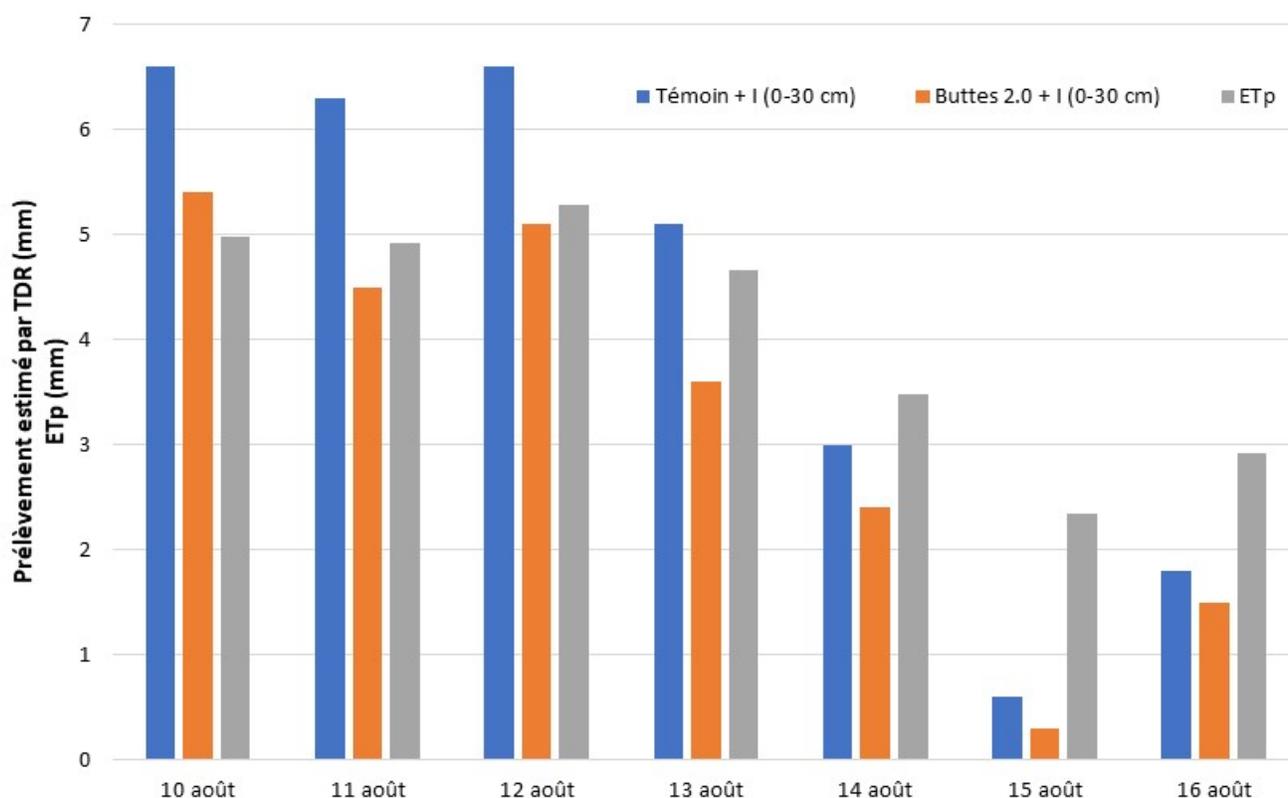


Figure 4. Quotidiennement, du 10 au 16 août au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 premiers cm de sol de la butte pour le Témoin + I et la Buttes 2.0 + I, ainsi que l' ET_p (mm).

Durant la Période 2 (4 au 11 septembre), une situation analogue à celle de la Période 1 a pu être observée. Entre le 6 et 7 septembre, le prélèvement estimé a diminué dans la butte tandis que la demande en ET_p a augmentée entre ces deux journées. La tendance à la baisse, de manière quasi identique à la Période 1 (10 au 16 août), se poursuit durant les 2 jours suivants. En effet, au 9 septembre la proportion du prélèvement estimée dans la butte n'est qu'à environ 30 % de la valeur d' ET_p . Durant cette période, les irrigations ont représenté une hauteur d'eau de 2,3 à 6,2 mm. Il est également possible de faire le même constat : le prélèvement dans la butte a semblé ralentir et être contraint. En comparant les quantités d'eau fournies par l'irrigation avec la demande en ET_p , il est possible de croire que les quantités apportées ont été suffisantes pour combler entièrement les besoins du plant. Toutefois, il demeure important de mentionner que cette quantité d'eau est apportée localement et n'est pas apportée uniformément dans l'ensemble du système racinaire.

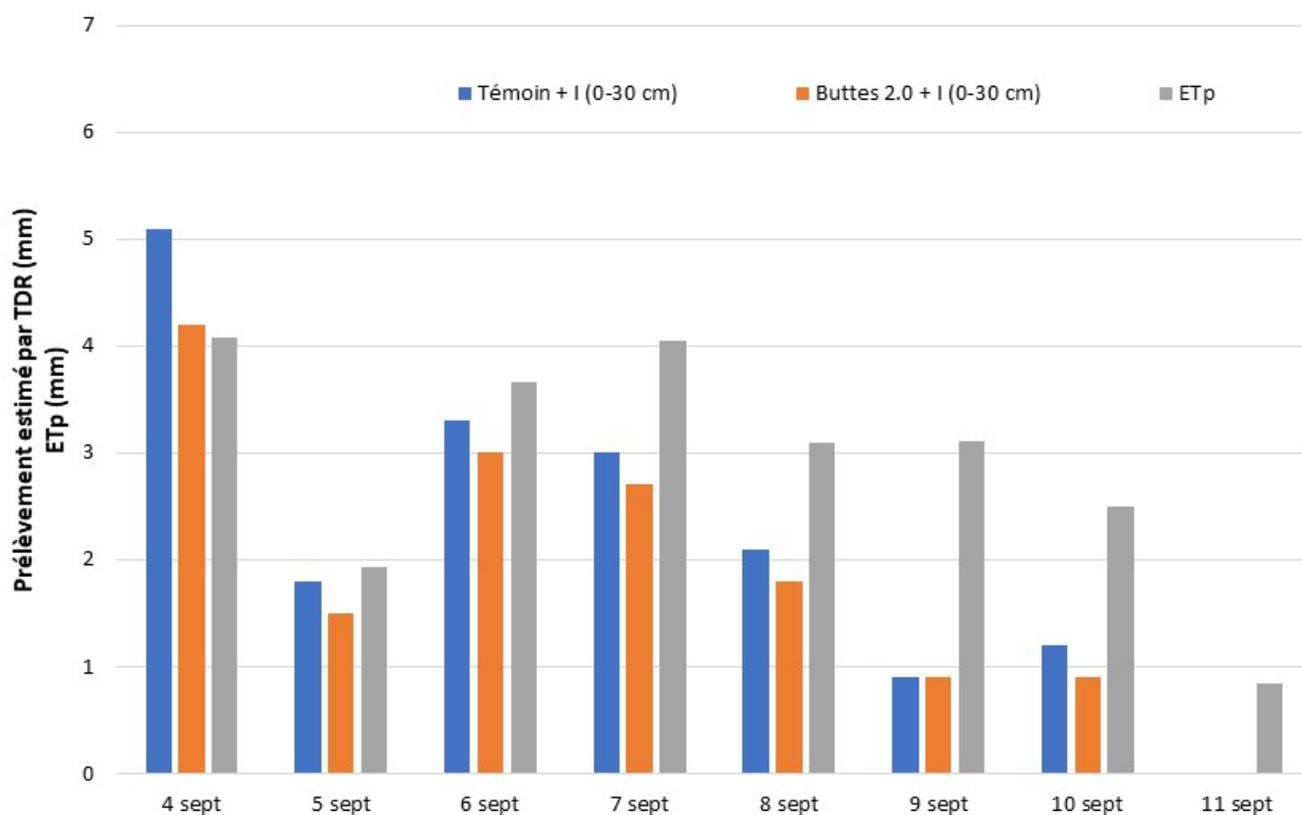


Figure 5. Quotidiennement, du 4 au 11 septembre au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 premiers cm de sol de la butte pour le Témoin + I et la Buttes 2.0 + I, ainsi que l' ET_p (mm).

L'analyse du prélèvement en eau estimé avec les TDR a également été réalisée pour quatre traitements non irrigués : le Témoin + NI (0-30 et 0-20 cm) et la Buttes 2.0 + NI (0-30 et 0-20 cm) et est présentée à la Figure 6, pour la Période 2 et à la Figure 7, pour la Période 3.

Du 10 au 12 août inclusivement, les prélèvements en eau dans les 30 premiers cm de sol dans la butte ont été plus importants pour la Buttes 2.0 + NI que pour le Témoin + NI. En revanche, la situation est inversée dans le cas de l'entre-rang (0-20 cm). Jusqu'au 13 août, les prélèvements en eau semblent de concert avec la demande en ET_p . Ensuite, le 13 août, le prélèvement en eau estimé pour la Buttes 2.0 diminue, tandis que celui pour le Témoin + NI reste constant. Finalement, le prélèvement de ces deux traitements diminue le 14 août. Pendant la même période, les prélèvements en eau estimés dans l'entre-rang semblent maintenir une cadence similaire aux journées précédentes.

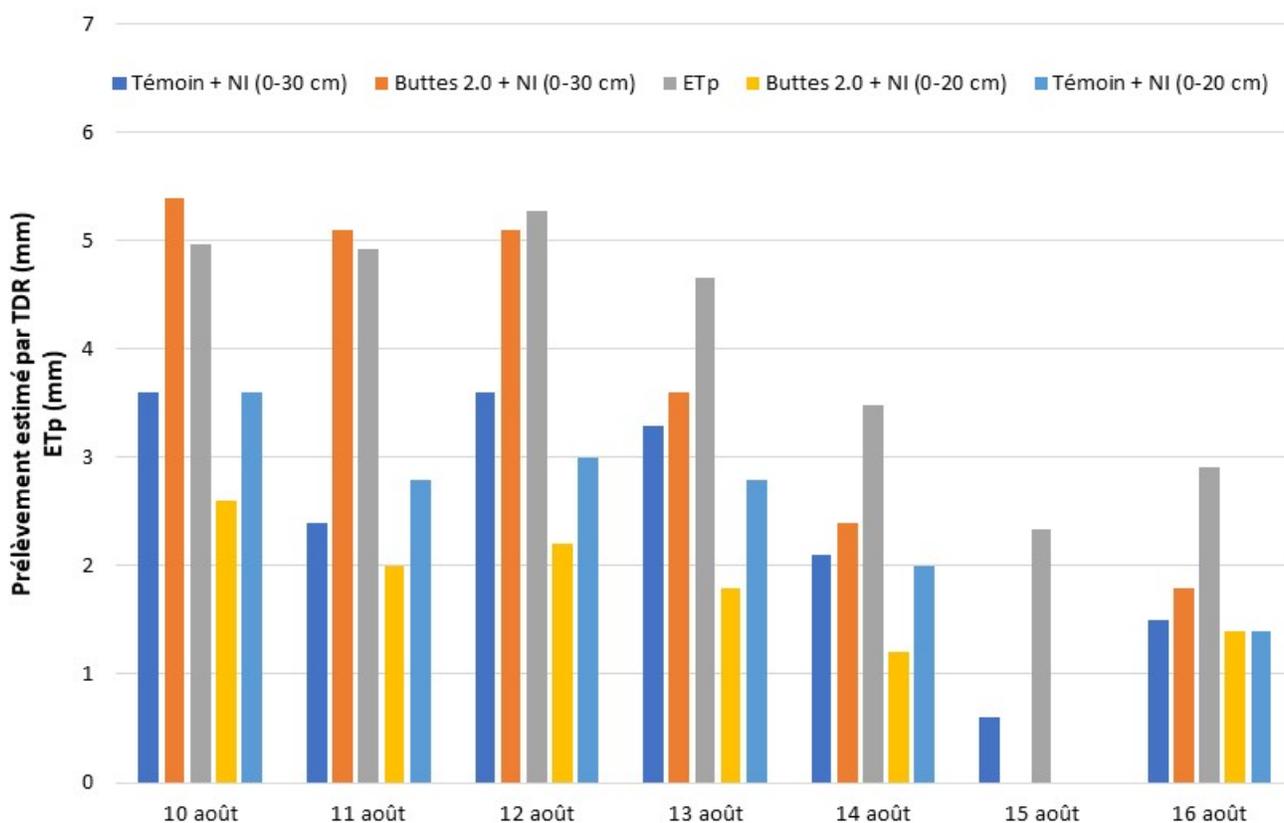


Figure 6. Quotidiennement, du 10 au 16 août au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 et 20 premiers cm de sol, respectivement pour le Témoin + NI et la Buttes 2.0 + NI, ainsi que l' ET_p (mm).

Du 4 au 11 septembre, l'évolution des prélèvements en eau pour les traitements selon la demande en ET_p est plutôt stable dans les premiers jours (4 au 6 septembre). Un ralentissement des prélèvements se fait sentir dans la butte (0-30 cm) le 7 et 8 septembre. Au 9 septembre, le risque de stress hydrique est devenu plus important puisque le prélèvement estimé chute tant dans la butte (0-30) que dans les entre-rangs (0-20 cm) et ce, peu importe le traitement.

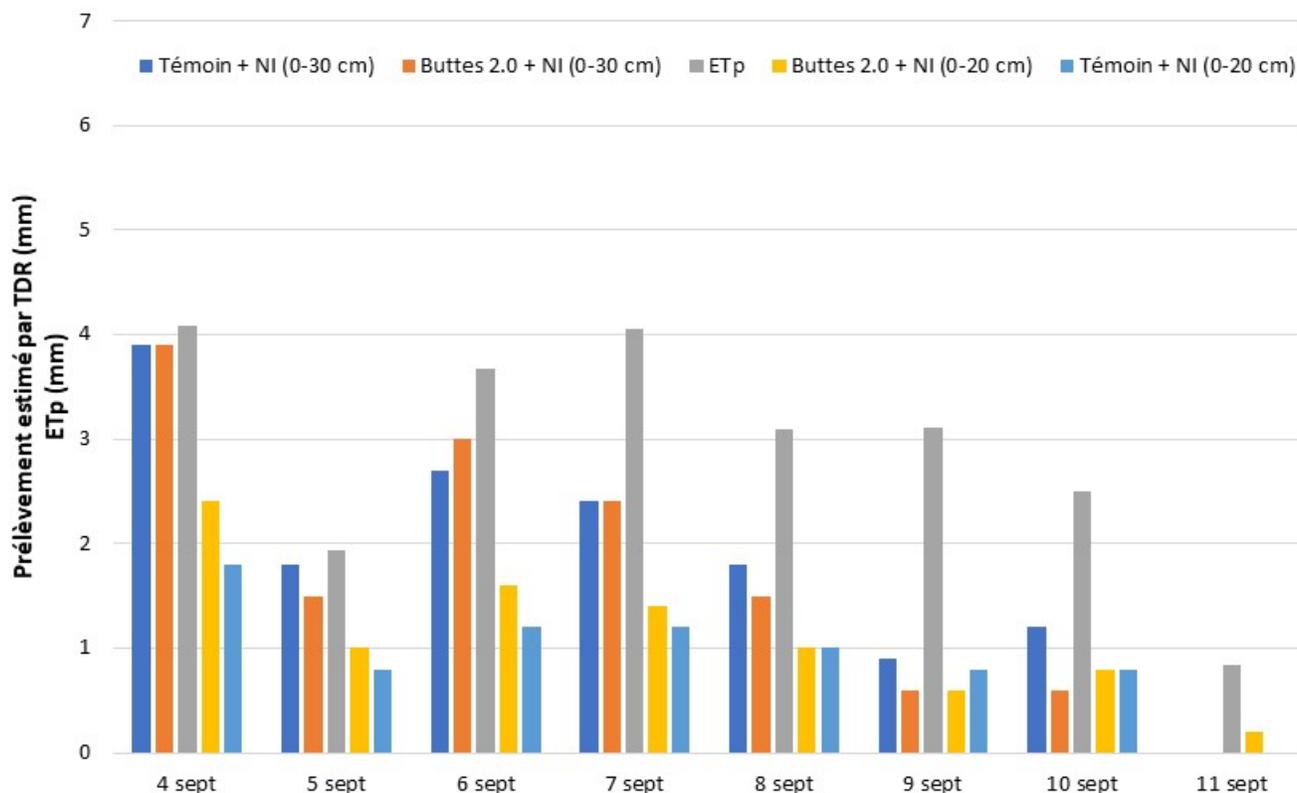


Figure 7. Quotidiennement, du 4 au 11 septembre au site SCJC, prélèvement en eau (mm) estimé avec les TDR dans les 30 et 20 premiers cm de sol, respectivement pour le Témoin + NI et la Buttes 2.0 + NI, ainsi que l' ET_p (mm).

Irrigation

L'évolution du statut hydrique du sol pour les 20 premiers cm de sol de l'entre-rang a été isolée lors d'un épisode d'irrigation le 20 août (Témoin + I et NI; Buttes 2.0 + I et NI) et est présenté à la Figure 8. L'impact sur la teneur en eau du sol pour les deux traitements irrigués est identifié avec une flèche. La hauteur d'eau apportée par cet épisode est équivalente à 2,1 mm et a été réalisée le matin. Au courant de la journée, le plant a prélevé de l'eau (descente graduelle des courbes). Dans le cas des traitements irrigués (orange et jaune), le statut hydrique du sol en fin de journée est quasi égal, voire légèrement inférieur à celui mesuré en début de journée. L' ET_p mesurée durant cette journée a été de 4,7 mm. En supposant un coefficient cultural de 0,8, l'évapotranspiration réelle de la culture (ET_c) aurait été d'environ 3,8 mm. Ainsi, en supposant que l'évolution du statut hydrique de l'entre-rang est uniforme, le prélèvement de l'entre-rang aurait pu combler près de 55 % du besoin quotidien. Il s'agit alors d'un potentiel de prélèvement en eau et, par conséquent, en éléments nutritifs qui peut faire la différence à l'échelle d'une saison.

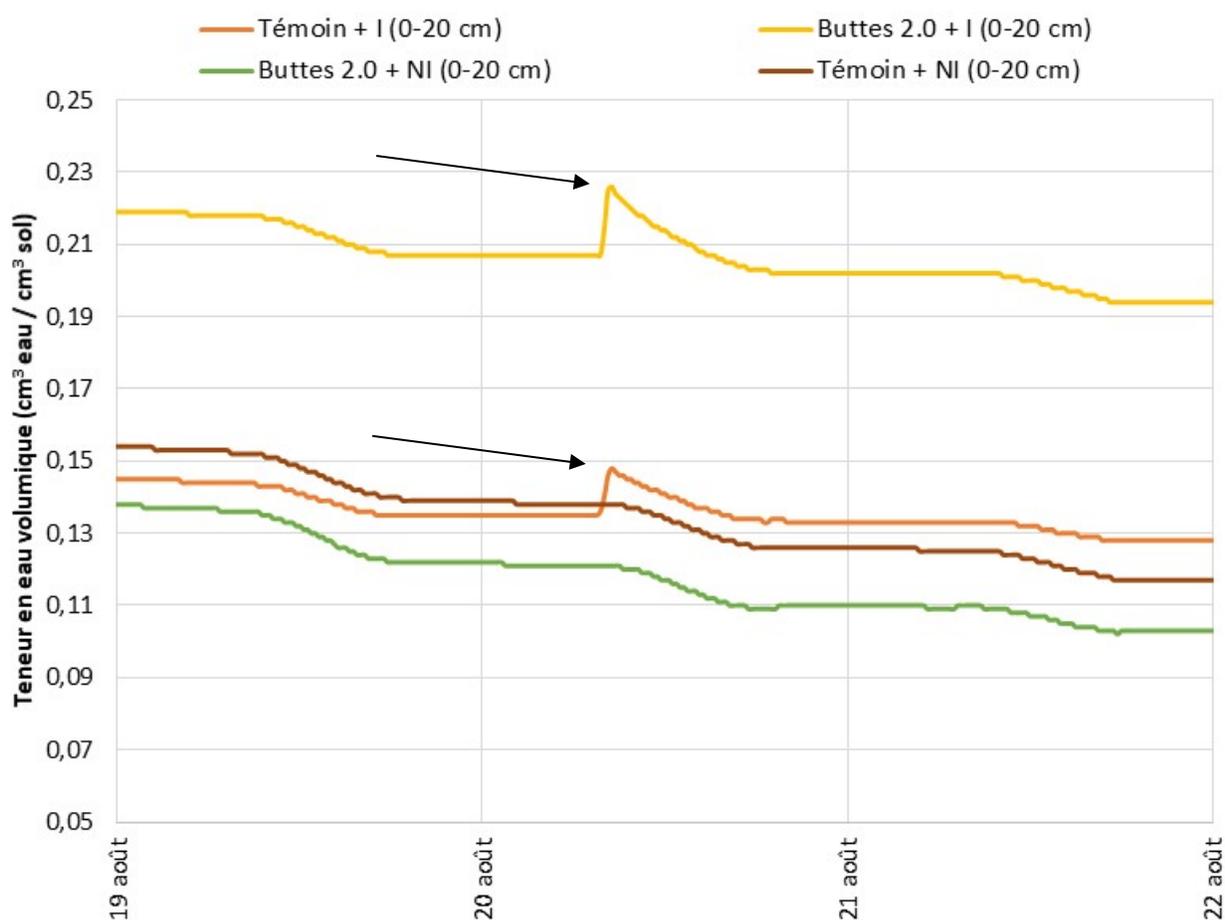


Figure 8. Chronique de la teneur en eau volumique ($\text{cm}^3 \text{ eau} / \text{cm}^3 \text{ sol}$) du 19 au 22 août, site SCJC.

RENDEMENTS ET QUALITÉ

Le rendement en tubercules et la qualité de ces derniers ont été évalués pour chaque traitement. Ainsi, les récoltes ont été réalisées dans quatre blocs pour chacun des sites, car un des blocs au site SJIO, ayant été jugé non représentatif des quatre autres, n'a pas été récolté. L'analyse statistique a été réalisée pour chacun des sites.

- Site SCJC

Au site SCJC, aucun des paramètres à l'étude ne s'est révélé significativement différent des autres. Bien qu'il soit possible qu'il n'y ait aucune différence significative entre les traitements, certains éléments ont probablement influencé l'issue des conclusions. Parmi ces éléments, il faut noter que ce champ était en 2^e année en pomme de terre. De plus, ce champ possédait un drainage imparfait qui a pu influencer les résultats de recherche. Comme le démontre l'imagerie thermique du 3 août 2018, il y avait une grande variabilité de la température des plants (Figure 20).

- Site SJIO

Le poids total relatif en tubercules par plant mesuré au site SJIO est présenté à la Figure 9 selon le traitement. Le rendement des traitements irrigués est significativement plus élevé que celui des traitements non irrigués. ($p=0,0174$). L'architecture de la butte n'a pas influencé significativement les rendements mesurés.

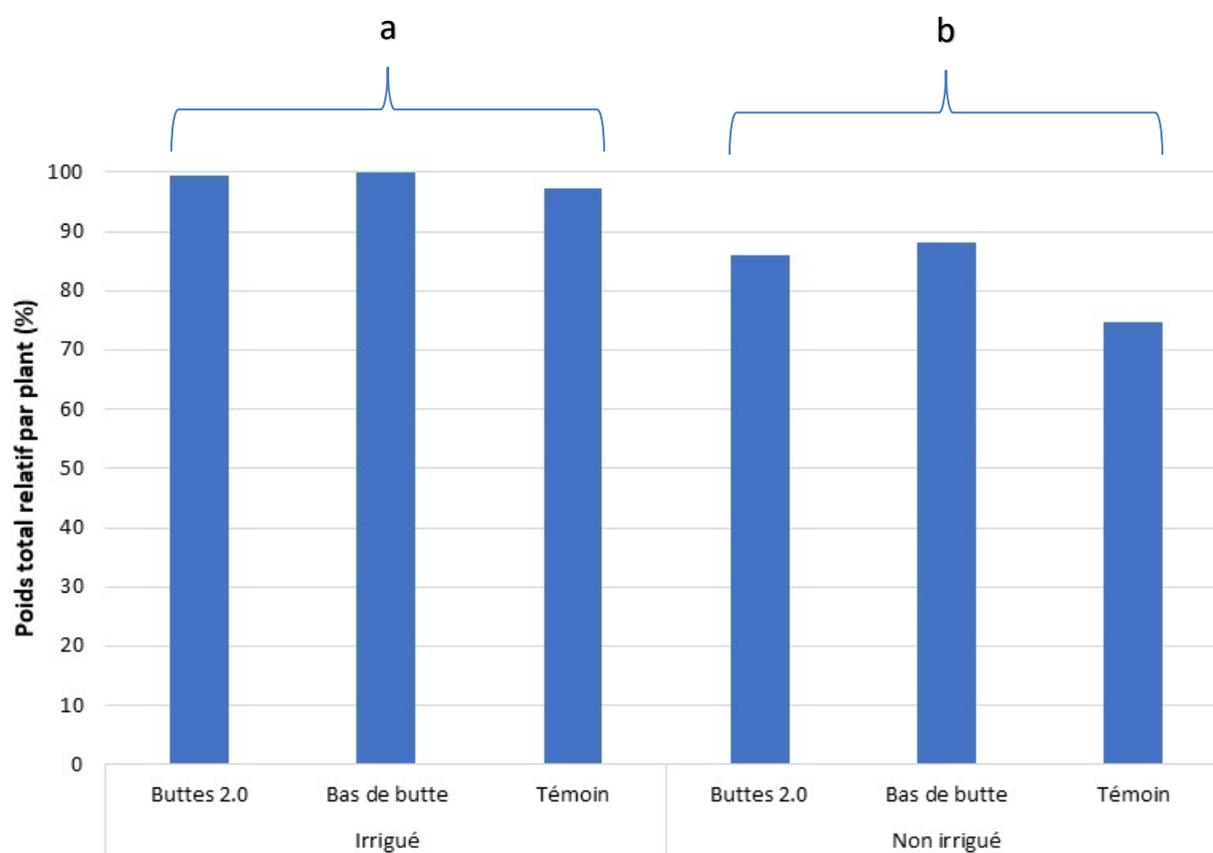


Figure 9. Poids total relatif par plant (%) selon l'architecture du système cultural et la régie d'irrigation au site SJIO, 2018.

6 CONSTATS

Le secteur de la production de la pomme de terre est très homogène en termes d'architecture du système cultural. La machinerie s'est développée autour d'un seul type de système, rendant difficile la réalisation d'essais comme celui-ci. Conséquemment, l'objectif de « mécaniser » cet essai a exigé d'apporter des modifications à la machinerie existante, dans un cadre qui était très limitatif. En effet, les modifications devaient être facilement « réversibles » et demeurer « financièrement » réalistes, tout en permettant d'implanter les traitements voulus au champ. Les modifications réalisées à chacun des sites ont permis d'atteindre cet objectif. Toutefois, il faudra attendre la réalisation d'autres projets comme celui-ci pour être en mesure de démontrer la pertinence de modifier le système cultural de la pomme de terre.

L'analyse du prélèvement en eau de la culture avec les TDR a permis de constater l'importance que peut avoir l'entre-rang pour la nutrition hydrique et par conséquent, du potentiel que cela représente pour l'amélioration de l'efficacité du prélèvement de l'azote. L'importance de cette zone apparaît insignifiante dans les premières semaines suivant la plantation, mais devient rapidement un centre d'intérêt majeur qui laisse présager de la pertinence d'intervenir pour modifier le système cultural de la pomme de terre, surtout dans un contexte non irrigué. La réflexion ayant trait à l'architecture doit s'étendre aussi aux moments des apports d'engrais, à la dose de ces derniers et aux zones de sol qui sont ciblées. Enfin, la réussite implique aussi de s'intéresser aux facteurs qui favorisent un développement sans contrainte du système racinaire.

À la suite de l'analyse des différentes étapes, nous avons fait le constat que la zone « additionnelle » a probablement été compactée lors de sa formation, limitant ainsi le volume de sol ayant un potentiel de devenir un carrefour de prélèvement en eau et en éléments nutritifs. Les prochains essais devront donc porter une attention particulière aux zones de sol qui sont inévitablement compactées afin de concentrer les efforts sur les zones de sol qui peuvent en être épargnées.

Riches des connaissances acquises ces dernières années sur le mouvement de l'eau dans un système butté comme celui de la pomme de terre, nous restons convaincus de la pertinence agronomique, économique et environnementale d'intervenir pour modifier le système cultural.

7 ACTIVITÉS DE DIFFUSION

Le projet a été présenté lors d'une journée terrain intitulée *Atelier sur la gestion de l'irrigation dans la pomme de terre* présentée le 14 août, à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Le programme officiel est présenté en annexe (Figure 20). Lors de cette journée, une présentation complète du dispositif expérimental a été réalisée à même le champ. De plus, le projet a été expliqué et les objectifs poursuivis ont été décrits avec un support visuel (Figure 21).

De plus, le projet a été diffusé sur le site web de l'IRDA : <https://www.irda.qc.ca/fr/projets/ameliorer-l-efficacite-d-utilisation-de-l-eau-de-pluie-et-d-irrigation-par-la-culture-intervenir-dans-le-systeme-cultural-de-la-pomme-de-terre/>

Finalement, le projet a été publié dans *Agrosolutions Express*, un bulletin d'information électronique de l'IRDA qui rejoint près de 1700 abonnés. <http://irda.createsend1.com/t/ViewEmail/t/139EABF5CDC97933>

8 ANNEXE

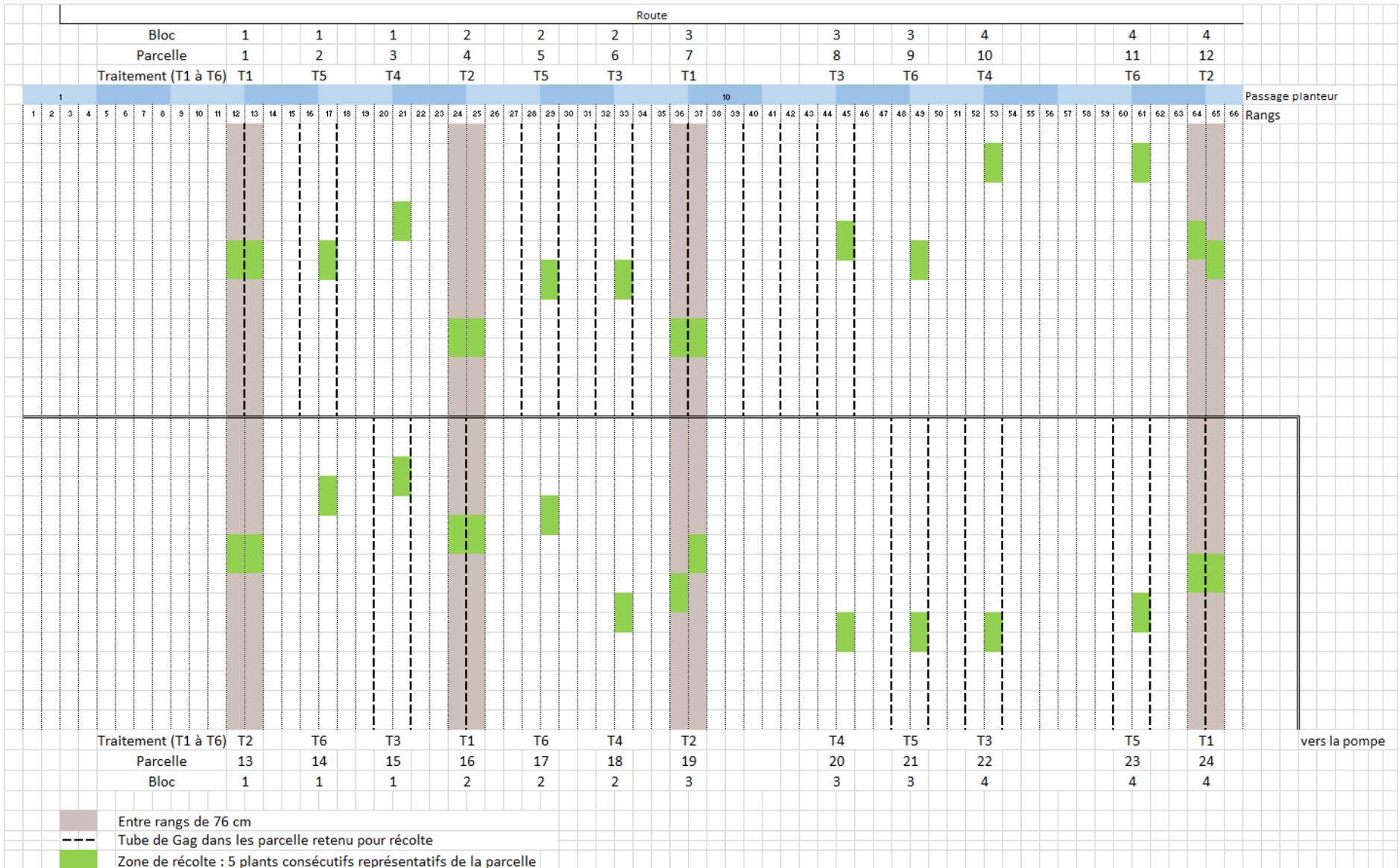


Figure 10. Dispositif expérimental du site SCJC, 2018.

Conventionnel

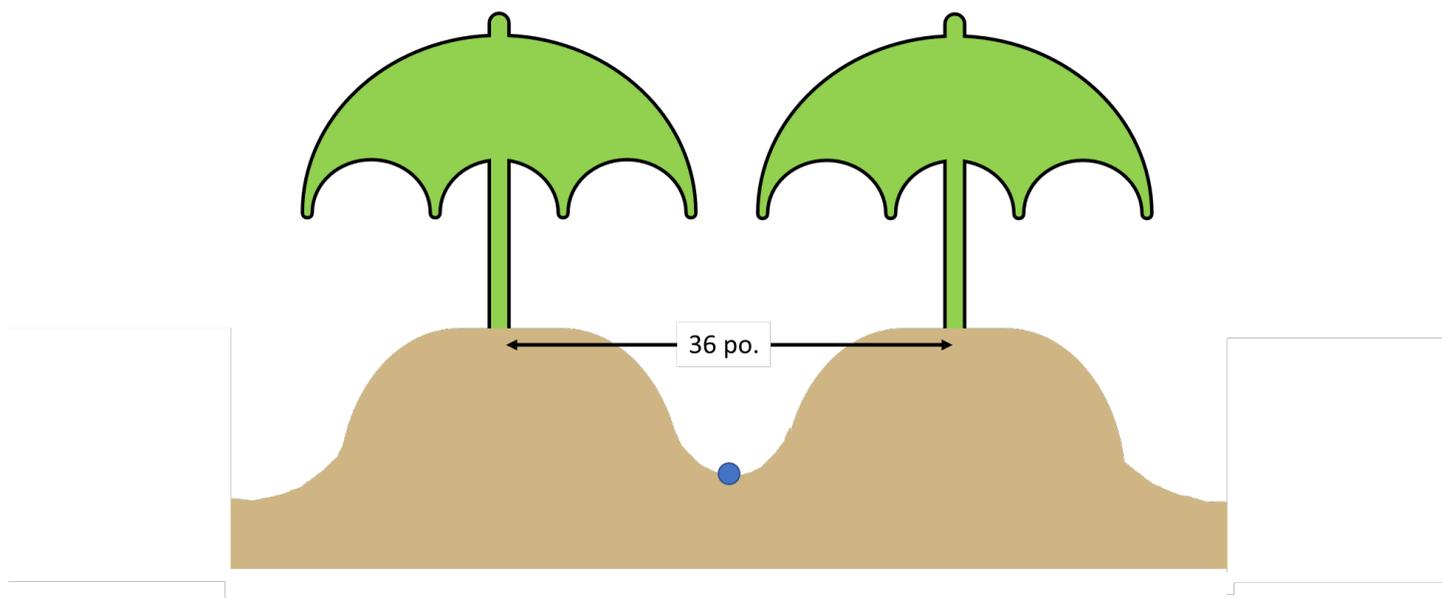


Figure 12. Schéma du système cultural conventionnel avec espacement centre-centre de 91,4 cm entre les rangs et de l'emplacement du tube de goutte-à-goutte.

Butte 2.0

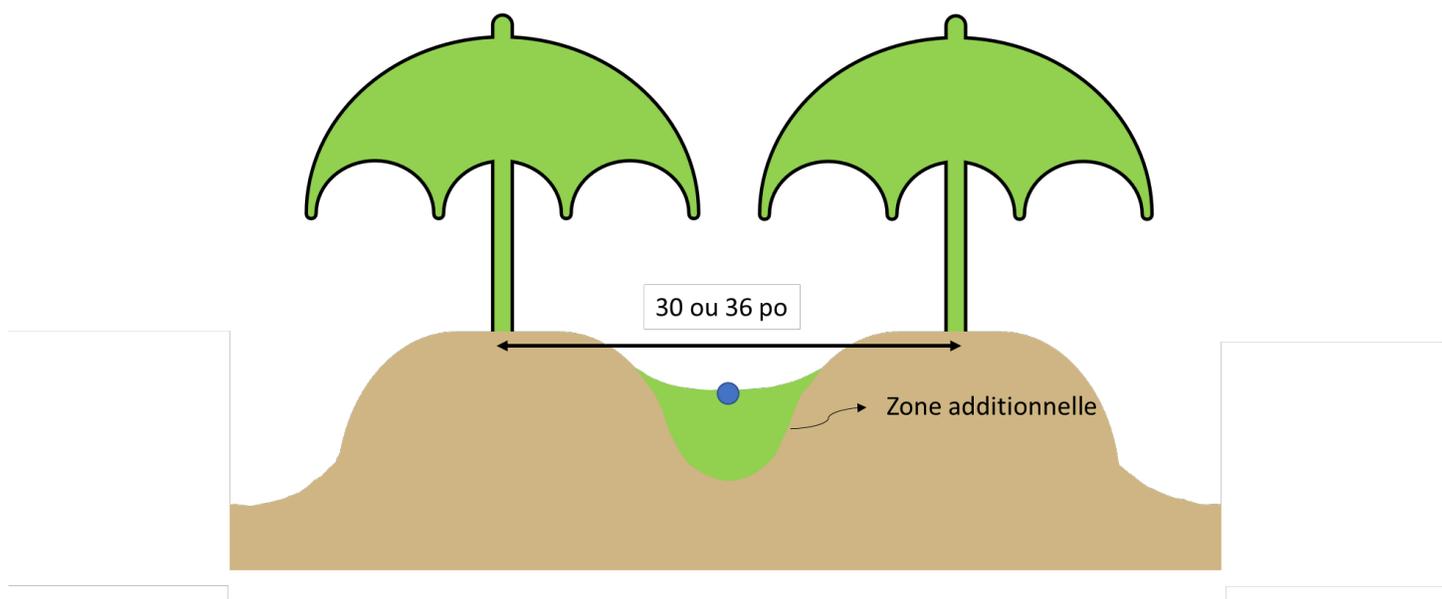


Figure 13. Schéma du système cultural 2.0 avec espacement centre-centre de 91,4 ou 76,2 cm entre les rangs et de l'emplacement du tube de goutte-à-goutte.



Figure 14. Vue du planteur 4 rangs (la roue extérieure est celle complètement à gauche de la photographie).



Figure 15. Renhausseur modifié au site SCJC.



Figure 16. Sarcleur modifié au site SJIO.

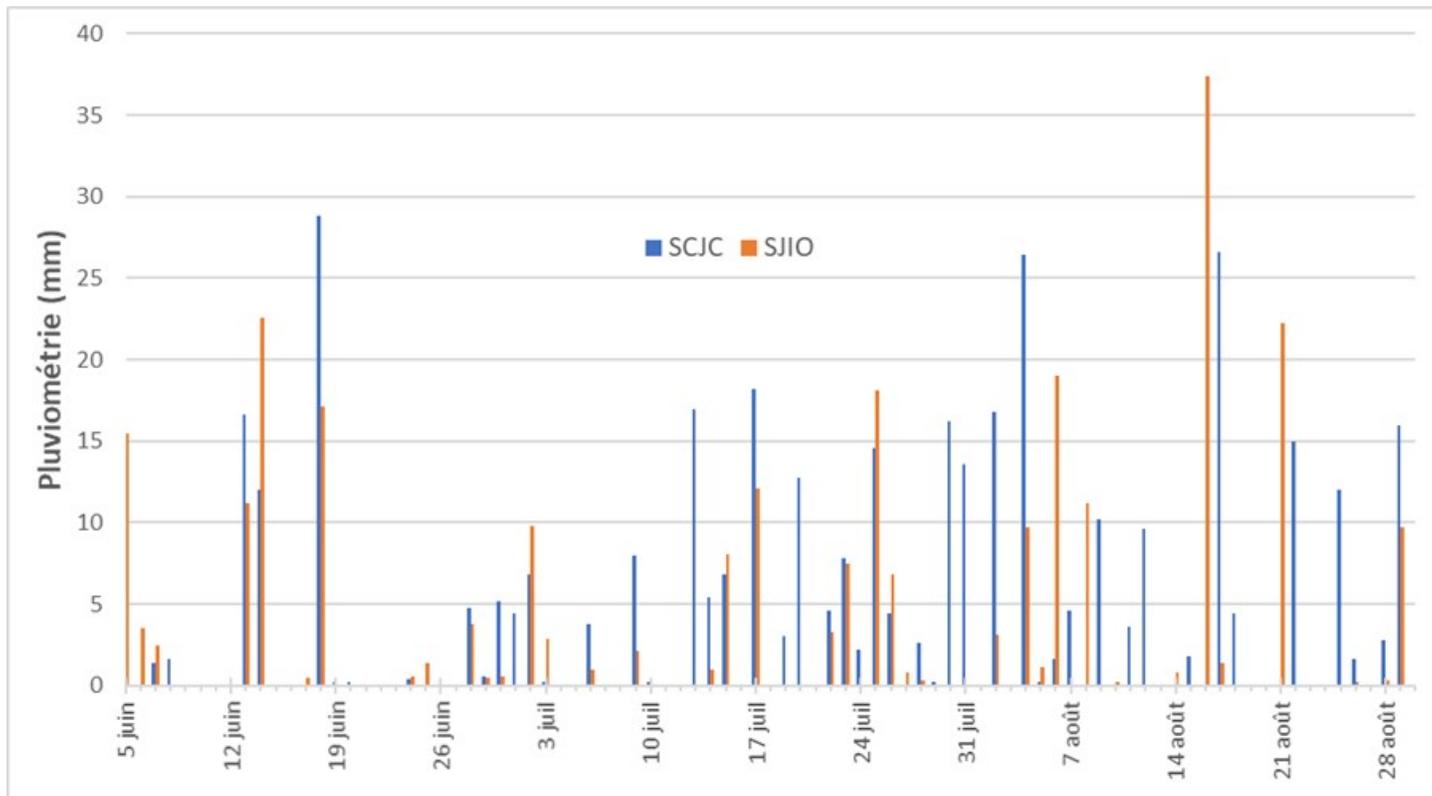


Figure 17. Pluviométrie (mm) enregistrée entre le 5 juin et le 30 août 2018, SCJC et SJIO.

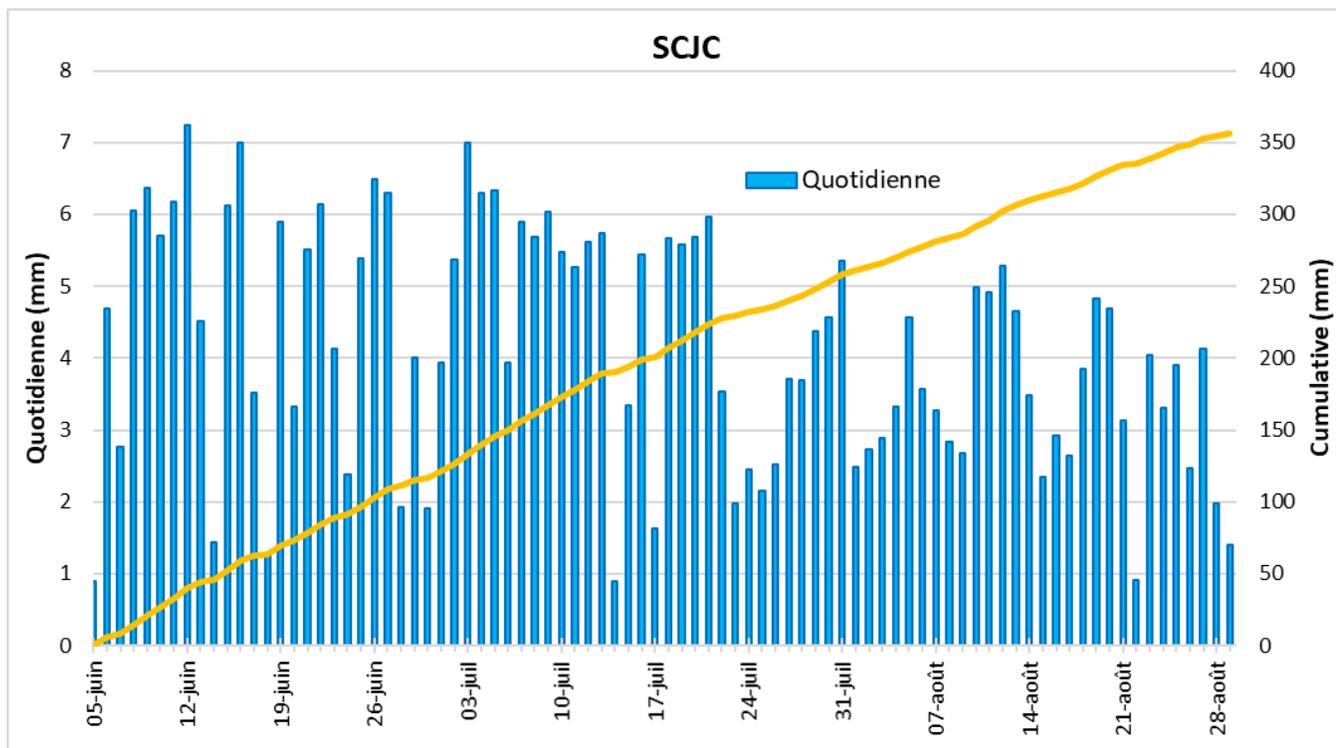


Figure 18. Évapotranspiration potentielle (mm) mesurée au site de SJJC

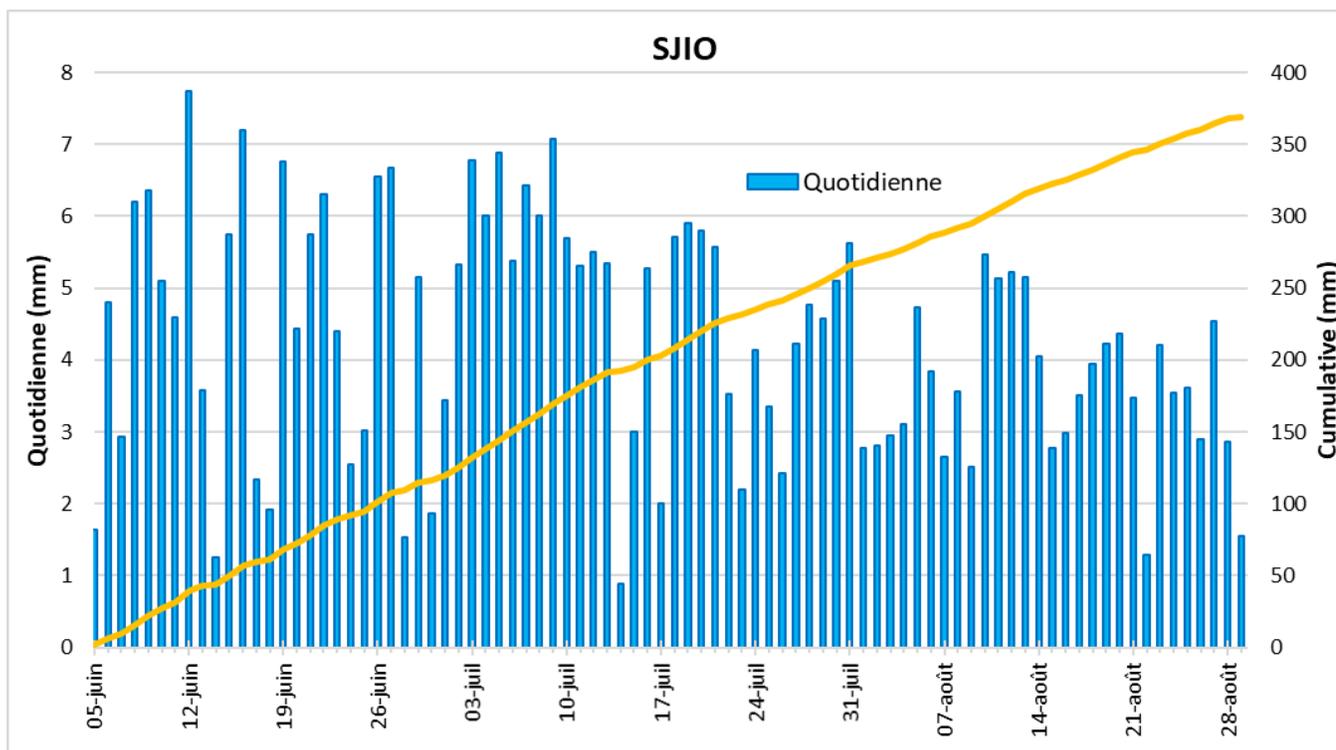


Figure 19. Évapotranspiration potentielle (mm) mesurée au site de SJIO

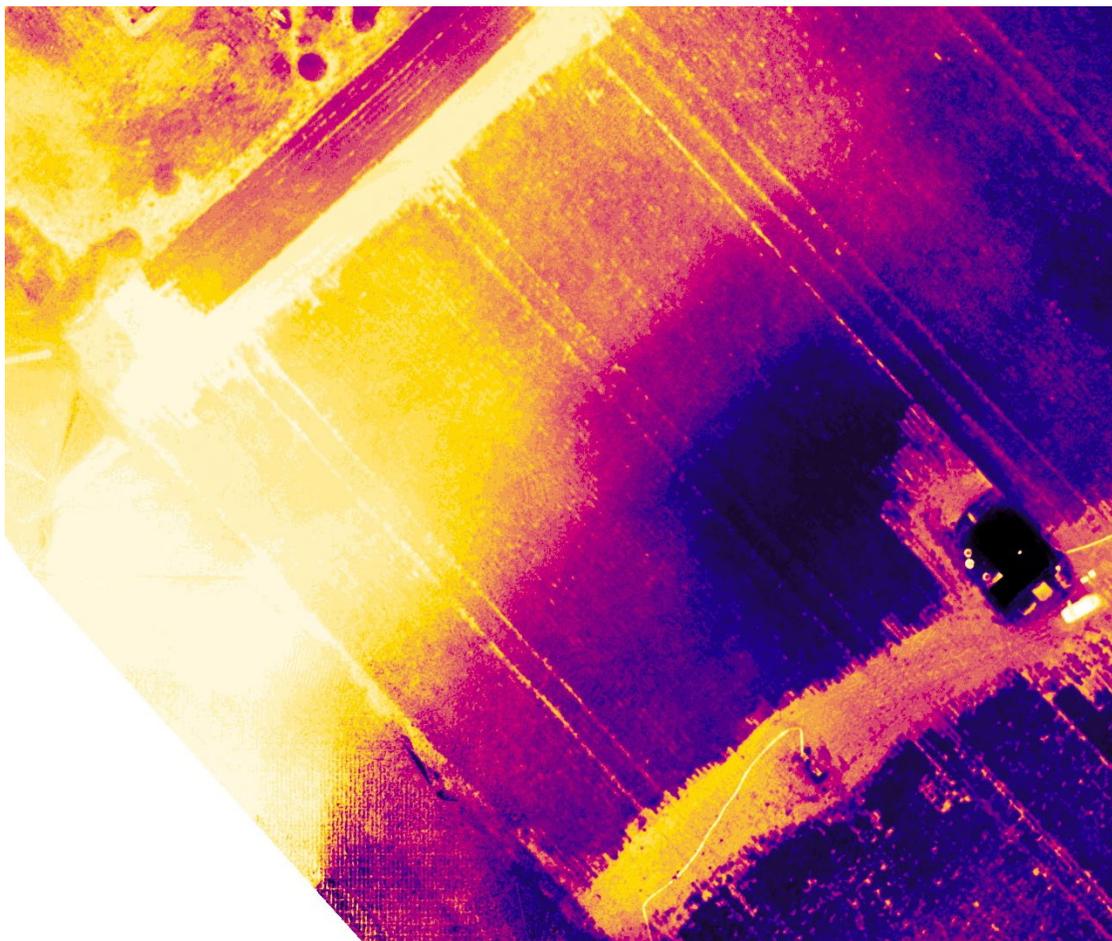


Figure 20. Imagerie thermique du dispositif expérimental au 3 août 2018.



ATELIER SUR LA

GESTION D'IRRIGATION

DANS LA **POMME DE TERRE**

FERME VICTORIN DROLET INC. | 14 AOÛT 2018

118, route Saint-Denys-Garneau, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (Québec) G3N 0T6

TARIF
Gratuit.

POUR PARTICIPER À L'ACTIVITÉ
Aucune inscription requise.
Présentez-vous directement sur place la journée de l'activité.

INFORMATION
Carl Boivin, 418 643-2380, poste 430
Daniel Bergeron, 418 643-0033, poste 1707

AUTRES RENSEIGNEMENTS
Vous pouvez apporter votre lunch et votre chaise (aucun service de cantine sur place).
L'activité est maintenue en cas de pluie.

PROGRAMMATION

8 H 30	Accueil	10 H 30	IRRIGATION PAR GOUTTE-À-GOUTTE DANS LA POMME DE TERRE : LES CONDITIONS GAGNANTES Daniel Bergeron, agr., MAPAQ
8 H 45	DÉROULEMENT DE LA JOURNÉE Daniel Bergeron, agr., MAPAQ Carl Boivin, agr., chercheur, IRDA	10 H 45	EAU D'IRRIGATION : RÉGLEMENTS DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES Jérémie Vallée, agr., professionnel de recherche, IRDA
9 H	GESTION DE L'EAU DANS LA POMME DE TERRE (enracinement de la culture, installation de tensiomètres, consignes, uniformité du système d'irrigation, cultivars, etc.) Carl Boivin, agr., chercheur, IRDA Jérémie Vallée, agr., professionnel de recherche, IRDA Daniel Bergeron, agr., MAPAQ	11 H	DÉMONSTRATION DE VOL DE DRONE DroneXperts
9 H 45	PROJET EN COURS SUR L'EFFICACITÉ D'UTILISATION DE L'EAU ET LE SYSTÈME CULTURAL DE LA POMME DE TERRE Carl Boivin, agr., chercheur, IRDA Daniel Bergeron, agr., MAPAQ	11 H 30	PRÉSENTATION DU PROGRAMME PRIME-VERT, VOLET SUR LA GESTION DE L'EAU* Daniel Bergeron, agr., MAPAQ
10 H	L'IMAGERIE THERMIQUE ACQUISE PAR DRONE COMME OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION Hachem Agili, étudiant au doctorat en sciences de l'eau, INRS	11 H 45	ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ
		12 H	Fin de l'activité

* Les conférenciers seront disponibles en après-midi pour donner des précisions et répondre aux questions concernant le formulaire du programme Prime-Vert, volet sur la gestion de l'eau.

L'IRDA bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 3 du programme Prime-Vert 2018-2023 pour offrir les ateliers sur l'irrigation.

© Photo : IRDA.

ENSEMBLE **on fait avancer le Québec**

irda

Québec

Figure 21. Programme officiel de l'Atelier sur la gestion d'irrigation dans la pomme de terre.

Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau de pluie et d'irrigation par la culture : intervenir dans le système cultural de la pomme de terre.

Traitements (avec et sans irrigation)

- Régie producteur
- Butte 2.0
- Fractionnement appliqué dans l'entre rangs

Ferme Victorin Drolet, Ferme F.X. Orléans, IRDA et DRCN du MAPAQ

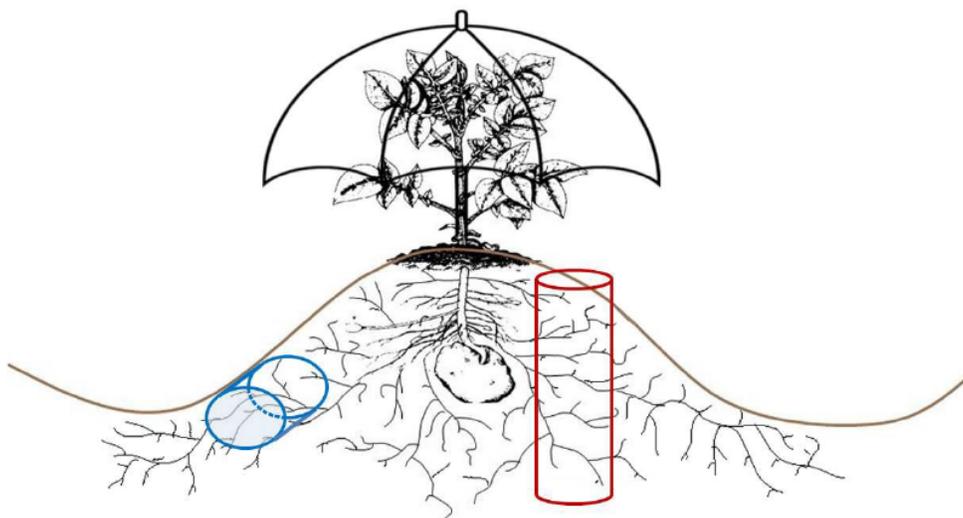
Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région. Projet No. 1819-4051-007CN

L'IRDA bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 3 du programme Prime-Vert 2018-2023 pour offrir l'atelier sur l'irrigation.

Québec 

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

Connaître le mouvement de l'eau

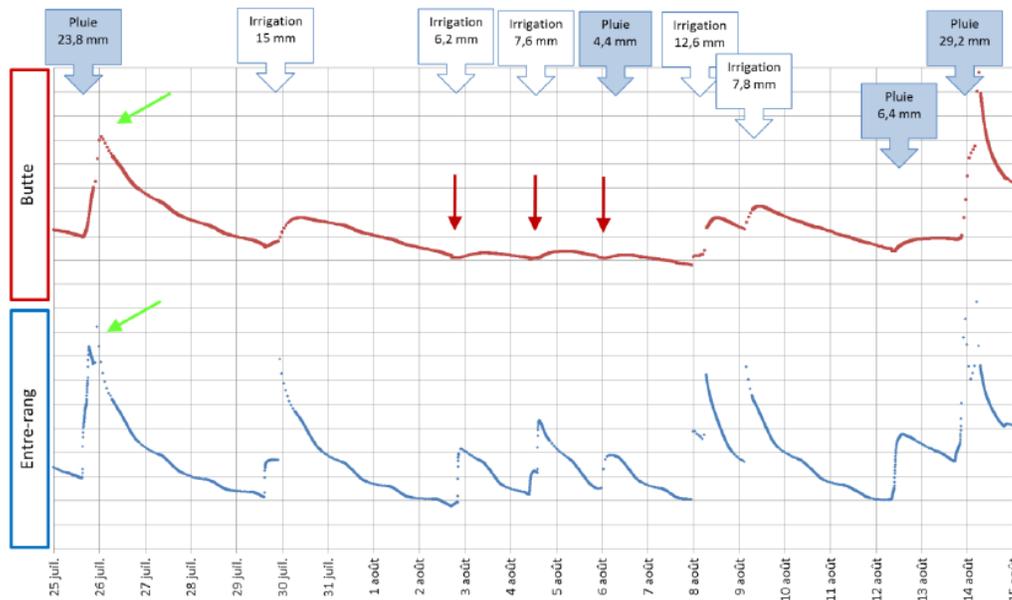


L'IRDA bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 3 du programme Prime-Vert 2018-2023 pour offrir l'atelier sur l'irrigation.

Québec 

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

Hauteur d'eau reçue et zones atteintes

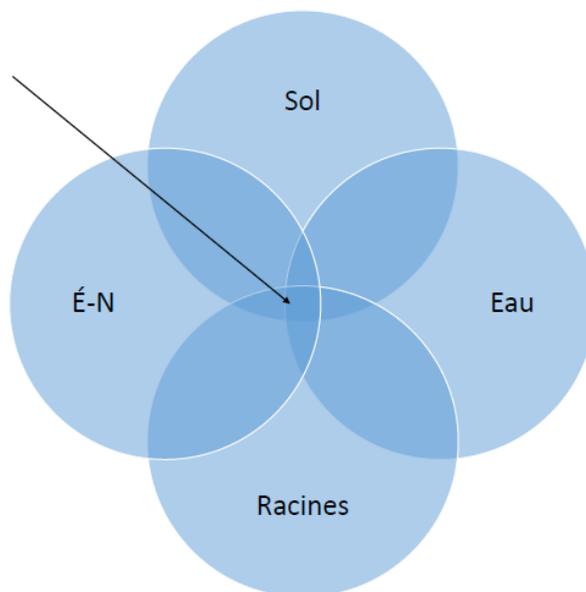


L'IRDA bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 3 du programme Prime-Vert 2018-2023 pour offrir l'atelier sur l'irrigation.

Québec

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

Un « carrefour » essentiel à la culture



L'IRDA bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 3 du programme Prime-Vert 2018-2023 pour offrir l'atelier sur l'irrigation.

Québec

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

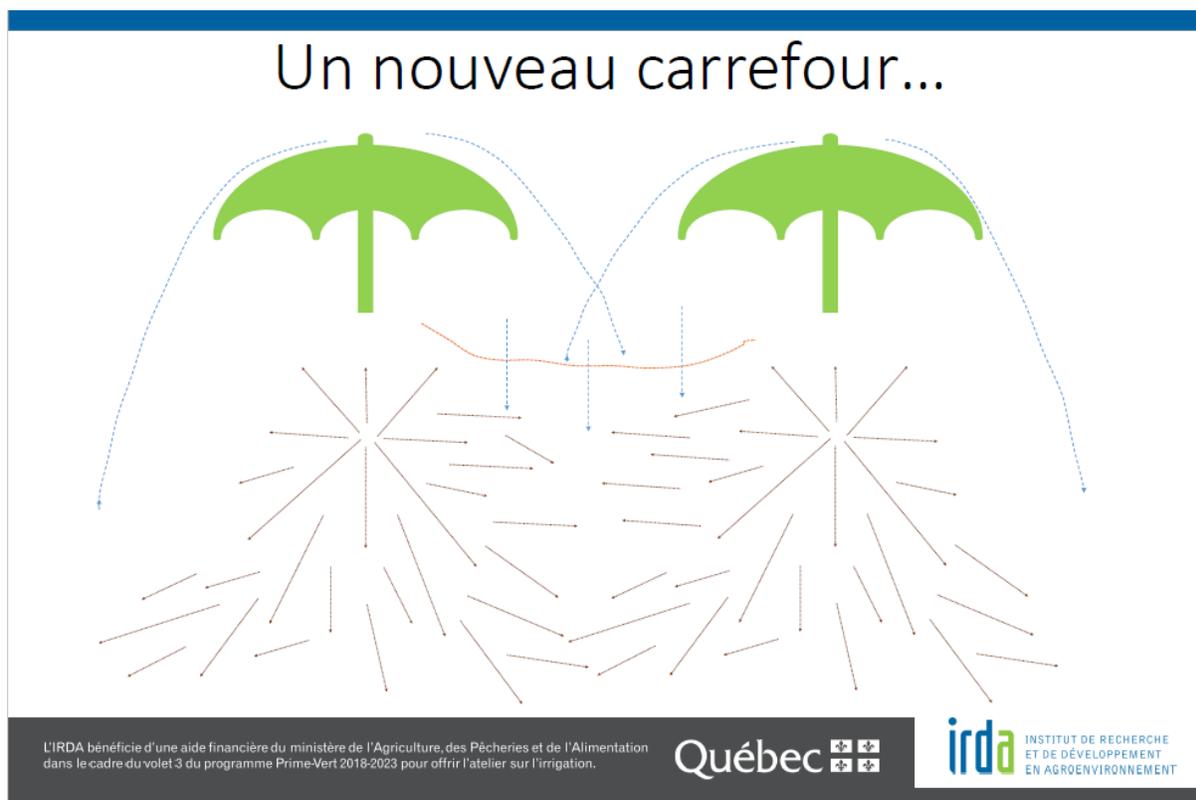


Figure 22. Support visuel utilisé pour présenter le projet lors de l'Atelier du 14 août 2018.



Figure 23. Profondeur racinaire Butte 2.0 + NI, site SJIO.



Figure 24. Profondeur racinaire Butte 2.0 + I, site SJIO.

9 BIBLIOGRAPHIE

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes et M. Smith, 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop Requirements. FAO Irrigation and drainage no. 56, Food and Agriculture organization, Rome 333 p.

ASCE (American Society of Civil Engineering), 2005. The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Report of ASCE Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee, American Society of Civil Engineering, 59 p.

Boivin, C., 2018. Si on repensait le système cultural, Conférence présentée lors de la journée sur l'irrigation de la pomme de terre, Hôtel des Gouverneurs, Trois-Rivières le 8 février 2018.

Giroux, I., 2003. Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, envirodoq no ENV/2003/0233, 23 p. et 3 annexes.

Giroux, I. et B. Sarrasin, 2011. Pesticides et nitrates dans l'eau souterraine près de cultures de pommes de terre - Échantillonnage dans quelques régions du Québec en 2008 et 2009, MDDEP, 31 p.

Landry, C. et C. Boivin, 2013. Engrais à libération contrôlée : potentiel d'utilisation dans la pomme de terre irriguée. Rapport final PSIH no. 11-1-546, 57 p..

Landry, C. et C. Boivin, 2014. Relations entre les nutriments minérale et hydrique: impacts sur la productivité de la pomme de terre et l'utilisation des engrais azotés. Rapport final CDAQ #6592, 53 p.

Ziadi, N., B. Gagnon et A. Cambouris, 2007. Utilisation des engrais minéraux azotés en grandes cultures : description des différentes formes et leurs impacts en agroenvironnement. Texte de conférence Colloque azote, CRAAQ - OAAQ, 28 mars 2007, Drummondville.