

RAPPORT FINAL

AMÉLIORER LA GESTION DE L'EAU DES CULTURES EN PLEIN SOL SOUS ABRI



Jérémie Vallée, agr.

Jenny Leblanc, agr.

Daniel Bergeron, agr., M.Sc.

Carl Boivin, agr., M.Sc.

Février 2017

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 du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) 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

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec



ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

- Responsable du projet : Carl Boivin, agr., M.Sc. - IRDA
- Chargée de projet : Jenny Leblanc, B.Sc. agr – MAPAQ
- Jérémie Vallée, agr., B.Sc. IRDA
- Daniel Bergeron, agr., M.Sc. – MAPAQ
- Ferme Le Filon maraîcher, Karine Fontaine et Jean-David Lacasse

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

Carl Boivin

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

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

Téléphone : 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.

TABLE DES MATIÈRES

1	Mise en contexte	1
2	Objectif	2
3	Matériel et méthode	3
	Site expérimental	3
	Caractérisation des propriétés physiques du sol	4
	Gestion des irrigations et mesures.....	4
4	Analyse des résultats.....	5
	Régie de l'irrigation	5
	Évapotranspiration	7
	DIAGNOSTIC du système d'irrigation	9
5	Conclusion	11
6	Annexe.....	12
	Courbe de désorption en eau.....	12
	Analyses physico-chimiques.....	13
	Température de l'air.....	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Serre amovible sur rail.....	3
Figure 2. Chronique de la teneur en eau volumique (cm^3 eau/ cm^3 sol) et des événements d'irrigation du 30 mai au 6 octobre 2016.	7
Figure 3. Comparaison des évolutions cumulatives de l'évapotranspiration potentielle et réelle de la culture (mm) et de la hauteur d'eau d'irrigation (mm).....	8
Figure 4. Débit théorique du EA5080834 en gpm/100' selon la pression du tube (psi).	9
Figure 5. Ensemble des débits mesurés (lpm) du 30 mai au 21 septembre 2016.	10
Figure 6. Courbe de désorption en eau.	12
Figure 7. Température de l'air à l'intérieur de la serre ($^{\circ}\text{C}$), 2016.	14
Figure 8. Température de l'air extérieur ($^{\circ}\text{C}$), 2016.	14
Figure 9. Écart entre la température de l'air à l'intérieur de la serre et la température extérieure ($^{\circ}\text{C}$), 2016.	15
Figure 10. Écart entre la température de l'air à l'intérieur de la serre et la température extérieure ($^{\circ}\text{C}$), semaine typique (24 au 31 juillet 2016).	15
Figure 11. Écart entre la température de l'air intérieur de la serre et la température extérieure ($^{\circ}\text{C}$), journée typique (27 juillet 2016).	16

1 MISE EN CONTEXTE

Les cultures sous abris non chauffés sont irriguées à l'aide d'un système goutte à goutte. La fertilisation se fait majoritairement par application de compost lors de l'implantation au printemps (30 % des besoins globaux), et par ajout complémentaire de fertilisant en saison de croissance (7 à 15 %).

Lors de projets antérieurs¹, certaines conclusions ont pu être tirées :

- Le calcul théorique de fréquence d'irrigation optimale ne reflète pas toujours la réalité ;
- L'irrigation n'est souvent pas optimale, réalisée fréquemment au mauvais moment avec une durée d'irrigation souvent trop longue et une fréquence trop faible.

Irriguer au moment opportun et avec la bonne quantité permet de diminuer le lessivage conséquent à un apport excessif d'eau par l'irrigation.

En serre, des outils performants et informatisés tiennent compte du rayonnement solaire global (PAR et les infrarouges) ainsi que de plusieurs facteurs qui influencent la transpiration de la plante, soit le déficit de pression de vapeur (DPV), le nombre de changements d'air, le stade physiologique des plantes, leur vigueur ainsi que la densité de plantation. S'ajoutent à cela, les caractéristiques propres du milieu de culture. Lors d'une stratégie d'irrigation en serre chauffée, tous ces facteurs sont considérés.

En plein champ, afin d'établir les besoins en eau théorique des cultures, l'évapotranspiration de référence est utilisée, ajustée par un coefficient cultural selon le couvert végétal. Par contre, pour les cultures sous abris tels le tunnel chenille, le grand tunnel ou les serres modiques, il existe pour le moment que très peu d'information à ce sujet. La littérature se risque avec des besoins en eau théorique de 20 % plus élevés que les valeurs obtenues en champ soutenant des conditions moins venteuses. La présence au sol de plastique influence également l'évaporation de l'eau du sol.

Le projet permettra de mesurer ces besoins pour les cultures prisées en abri. Aussi, l'optimisation de l'irrigation passe inévitablement par une caractérisation des propriétés physiques du sol en présence.

Une courbe de désorption en eau du sol (relation entre la teneur en eau et la tension du sol) doit être établie, ajoutant ainsi beaucoup de précision sur la réserve effective en eau et les quantités réelles d'eau pouvant être apportées, afin d'éviter une migration de l'eau hors de la zone racinaire et ainsi augmenter le risque de lessivage des fertilisants vers la nappe phréatique. La capacité d'interpréter cette courbe et sa mise en application permettront l'atteinte des objectifs.

¹ Projet de 3 ans - (2013-2015) Gestion optimale de l'eau d'irrigation ; réalisé par l'organisme Dura-Club inc. et les collaborateurs suivants : MAPAQ, et le Club Bio Action.

2 OBJECTIF

Le projet vise à améliorer la gestion de l'eau des cultures en plein sol, sous abri par une meilleure connaissance des propriétés physiques du sol et la mise en place d'interventions adéquates.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODE

SITE EXPÉRIMENTAL

Le site expérimental a été mis en place sur une entreprise spécialisée dans la production diversifiée de fruits et légumes certifiés biologiques. Le site expérimental était situé dans la région de Chaudière-Appalaches à Saint-Gilles de Lotbinière, à la Ferme Le filon maraîcher (46.482050 °, -71.335652 °). L'abri utilisé est une serre mobile sur rail Ovaltech de la marque Harnois (Figure 1). Sa dimension est de 8,2 m de largeur et de 15,2 m de longueur (125,3 m²). Le système d'irrigation utilisé sur le site expérimental était composé de deux tubes goutte à goutte (Toro, Aqua-Traxx® EA5080834) pour chaque planche de 15,2 m. L'abri comprend sept planches où quatre de celles-ci étaient en tomates semi-déterminées, deux et demie en poivrons et la demie restante en aubergines.



Figure 1. Serre amovible sur rails.

CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL

Pour réaliser la courbe de désorption en eau du sol, des échantillons de sols non perturbés ont été prélevés dans l'horizon 10-20 cm avec des cylindres de polychlorure de vinyle (PVC) qui mesurent 10 cm de diamètre et 10 cm de hauteur. Les échantillons ont ensuite été saturés en eau pendant 24 heures. Immédiatement après la saturation la masse de l'échantillon a été mesurée avec une balance précise au 0,01 g (Shimadzu, Tx4202L) pour déterminer la teneur en eau volumique à saturation. Un tensiomètre (Hortau, Tx-80 petite céramique) a été inséré au centre de l'échantillon (à 5 cm) pour mesurer le potentiel matriciel en continu. À intervalle régulier, c'est-à-dire d'une à trois fois par jour, la masse de l'échantillon a été prise à l'aide de la balance électronique (Shimadzu, Tx4202L). Cette procédure s'est poursuivie jusqu'à ce que le tensiomètre se décharge (environ 80 kPa). Le sol de l'échantillon a ensuite été séché à l'étuve à 105 °C, pendant 48 heures, pour déterminer le poids du sol sec. Finalement, la relation entre la teneur en eau volumique et le potentiel matriciel a été obtenue en associant les mesures réalisées.

GESTION DES IRRIGATIONS ET MESURES

Le suivi quotidien du statut hydrique s'est effectué au moyen de tensiomètres manuels de marque Irrrometer. Les tensiomètres ont été installés à 15 et 30 cm en proximité du tube de goutte à goutte. La teneur en eau du sol a également fait l'objet d'un suivi à l'aide de sondes TDR (Campbell Scientific, CS625). Les données ont été enregistrées sur un acquiesiteur de données à un intervalle régulier de 30 minutes (Campbell Scientific, CR200X). Les volumes d'eau ont été mesurés à l'aide d'un débitmètre (Seametrics, TX80) et enregistrés sur l'acquisiteur.

4 ANALYSE DES RÉSULTATS

RÉGIE DE L'IRRIGATION

Au cours de la saison 2016, les épisodes d'irrigation, leur durée ainsi que le volume total par irrigation ont été suivis avec un débitmètre et sont présentés au Tableau 1.

Tableau 1. Sommaire des irrigations, des durées et des volumes associés, saison 2016.

Date	Durée totale (min)	Nombre d'irrigations	Durée moyenne par irrigation (min)	Volume total (l)	Débit moyen (lpm)*
30 mai	32	1	32	351,9	11,0
31 mai	48	1	48	483,8	10,1
01 juin	81	1	81	836,2	10,3
03 juin	45	1	45	481,0	10,7
04 juin	53	1	53	533,4	10,1
13 juin	44	1	44	429,9	9,8
15 juin	46	1	46	448,3	9,7
16 juin	91	1	91	908,8	10,0
17 juin	149	3	50	1526,8	10,1
18 juin	133	2	67	1345,7	10,0
19 juin	152	3	51	1596,3	10,4
20 juin	214	4	54	2211,9	10,3
24 juin	91	2	46	893,2	9,8
25 juin	206	4	52	2063,0	10,0
26 juin	149	3	50	1457,1	9,8
28 juin	55	1	55	537,8	9,8
01 juil	59	1	59	590,9	10,0
04 juil	58	1	58	591,7	10,2
05 juil	60	1	60	613,8	10,2
06 juil	56	1	56	575,2	10,3
13 juil	269	1	269	2716,3	10,1
14 juil	57	1	57	582,3	10,2
20 juil	60	1	60	577,8	9,6
21 juil	112	2	56	1200,3	10,7
27 juil	62	1	62	604,8	9,8
29 juil	99	2	50	976,5	9,9
30 juil	33	1	33	345,4	10,5
31 juil	58	1	58	558,7	9,6
01 août	76	1	76	745,5	9,8
03 août	44	1	44	417,2	9,5
05 août	52	1	52	500,4	9,6
08 août	39	1	39	370,3	9,5
09 août	40	1	40	391,5	9,8
10 août	41	1	41	411,7	10,0
15 août	26	1	26	288,0	11,1

16 août	33	1	33	307,1	9,3
19 août	62	1	62	584,6	9,4
21 août	45	1	45	429,8	9,6
23 août	35	1	35	325,7	9,3
25 août	36	1	36	335,0	9,3
26 août	37	1	37	356,3	9,6
30 août	70	1	70	647,8	9,3
01 sept	33	1	33	328,6	10,0
05 sept	68	1	68	605,7	8,9
06 sept	26	1	26	284,5	10,9
10 sept	35	1	35	302,8	8,7
12 sept	35	1	35	316,0	9,0
13 sept	41	1	41	366,2	8,9
17 sept	36	1	36	326,7	9,1
21 sept	32	1	32	282,8	8,8
Total	3514	66	-	34 962,8	-
Moyenne	-	-	54	699,3	9,9

*Les périodes de charge et de décharge du système sont incluses.

Au total, 66 épisodes d'irrigation ont été enregistrés entre le 30 mai et le 21 septembre. Durant cette période, la durée moyenne d'un épisode a été de 54 min. Le débit du système a été mesuré et a avoisiné 10 lpm. Le volume total d'eau appliqué a été d'environ 35 m³ pour l'ensemble des mesures effectuées.

Un suivi du statut hydrique du sol effectué au courant de l'été 2016 est présenté à la Figure 2. Les sondes TDR ont permis de mesurer la teneur en eau moyenne sur des profils verticaux (0-30 cm) ainsi qu'un profil horizontal, situé à 30 cm sous la surface du sol. Durant cette période de mesure, certains constats peuvent être formulés concernant la durée et les fréquences des irrigations.

La sonde située à 30 cm de profondeur a permis d'évaluer si la durée des irrigations était adéquate. De manière générale, les durées d'irrigation sont adéquates, car la sonde en profondeur réagit peu ou très peu aux irrigations effectuées. De plus, grâce à ces observations et à la courbe de désorption en eau, il est possible de croire qu'une durée entre 45 et 60 min serait envisageable. Puisque la durée des irrigations est variable selon le statut hydrique du sol au moment où les irrigations sont déclenchées, il est essentiel de se munir d'outils de gestion de l'irrigation pour bien évaluer les durées et de les corriger au besoin.

Les mesures effectuées par les sondes TDR indiquent un assèchement saisonnier. Il y a un assèchement non seulement sur le profil 0-30 cm, mais aussi en profondeur. Cette tendance indique que la fréquence des irrigations a été insuffisante pour maintenir le sol près du statut hydrique initial. C'est à partir de la fin juillet que l'assèchement semble le plus prononcé. Advenant une augmentation de la fréquence des apports, une attention particulière devrait être portée à la durée des épisodes. En effet, le sol serait alors maintenu plus humide, ce qui diminuerait la capacité de ce dernier à retenir l'eau.

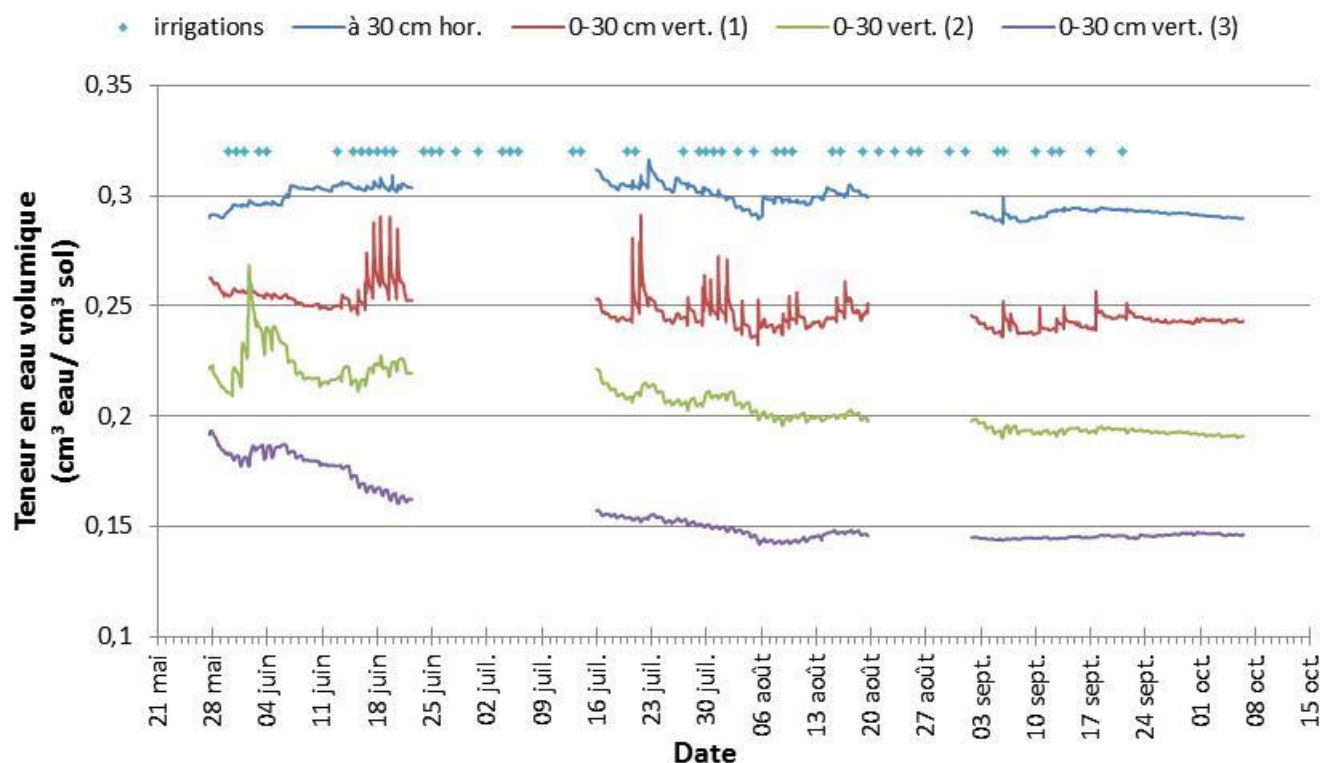


Figure 2. Chronique de la teneur en eau volumique ($\text{cm}^3 \text{ eau/cm}^3 \text{ sol}$) et des événements d'irrigation du 30 mai au 6 octobre 2016.

ÉVAPOTRANSPIRATION

Le suivi de l'évapotranspiration journalier est également un autre outil de gestion de l'irrigation qui permet d'évaluer la régie d'irrigation effectuée durant la saison. Les valeurs d'évapotranspiration fournies par les stations météorologiques permettent d'évaluer les quantités d'eau utilisées par la culture. Ce faisant, la régie d'irrigation a pu être comparée avec les valeurs d'évapotranspiration fournie par le réseau Agrométéo (<http://www.agrometeo.org/index.php>).

Hormis, le pourtour de l'abri qui partage une zone de sol qui peut être alimenté en eau par le sol qui est situé à l'extérieur et en contact avec la pluie, les seuls apports en eau à la culture sont ceux provenant du système d'irrigation. Historiquement, les systèmes d'irrigation goutte à goutte ont été conçus pour fournir, de manière quotidienne, une quantité d'eau équivalente à celle qui a été perdue par évapotranspiration. Ainsi, la hauteur d'eau en irrigation peut être comparée à l'évapotranspiration potentielle et réelle de la culture (ET_p , ET_r) (Figure 3). En considérant que l'eau apportée par le système d'irrigation est disponible, de manière complète (efficacité théorique de 100 %), au système racinaire, il est possible d'exprimer les volumes d'irrigation en hauteur d'eau pour chaque épisode. Selon les dimensions de la serre amovible, la hauteur d'eau irriguée sur cette surface a atteint un équivalent de 279,4 mm (du 31 mai au 21 septembre). À la station météorologique de St-Bernard (la

plus près du site), durant la même période, 379,2 mm d'évapotranspiration potentielle (ET_p) ont été enregistrés. L'évapotranspiration réelle de la culture (ET_r) a aussi été simulée avec de coefficients culturaux (K_c)² de plants de tomates en champs (Allen et coll., 1998)³. Il est possible que la simulation de l' ET_r n'estime pas de manière précise les besoins en eau d'une culture sous serre. Cette estimation permet de comparer la hauteur d'eau appliquée à des besoins théoriques de la même culture en plein champ. C'est pourquoi, une autre simulation de l'évapotranspiration réelle a été réalisée en évaluant que les besoins en eau en serre étaient de 20 % supérieurs à ceux en champ.

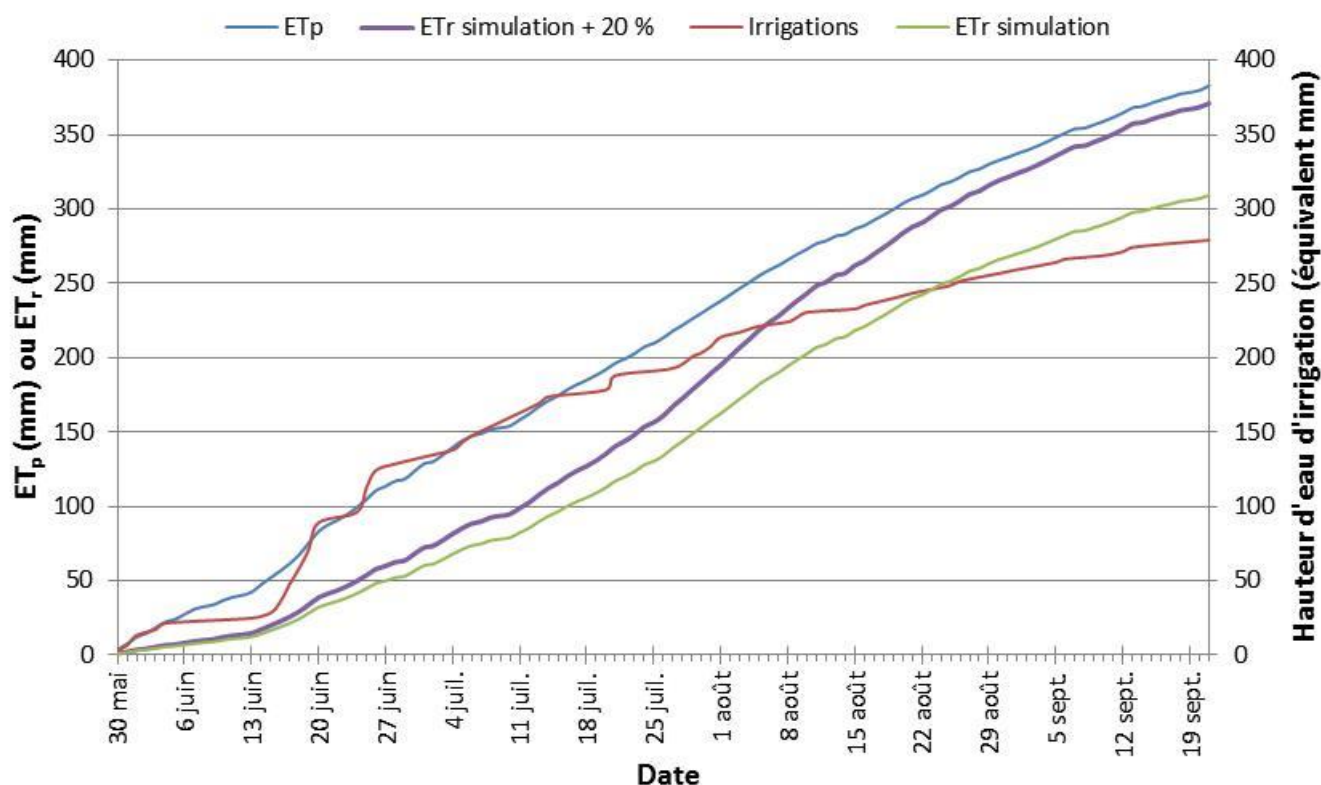


Figure 3. Comparaison des évolutions cumulatives de l'évapotranspiration potentielle et réelle de la culture (mm) et de la hauteur d'eau d'irrigation (mm).

D'une manière complètement mathématique, ces comparaisons indiquent que la culture aurait subi un stress hydrique au courant du mois d'août et septembre. Pour assurer un approvisionnement en eau adéquat, la fréquence d'irrigation aurait pu être plus élevée durant cette période ce qui aurait augmenté la consommation en eau (Tableau 2).

² K_c : 1-7 juin (0,25), 8-14 juin (0,4), 15-21 juin (0,5), 22-28 juin (0,6), 29 juin-5 juillet (0,7), 6-12 juillet (0,8), 13-19 juillet (0,9), 20-26 juillet (1), 27 juillet-16 août (1,15), 17-23 août (1,05), 24-30 août (1), 31 août-13 septembre (0,9), 14-20 septembre (0,8) et 21-30 septembre (0,7).

³ Allen R. G., Peireira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998, Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and drainage paper 56, Food and agric. Organization of the United Nations, Rome, Italy, 300 pp.

Tableau 2. Estimations des besoins en eau selon l'évapotranspiration réelle de la culture.

Simulation ¹	Besoins en eau (mm)	Temps d'irrigation (heure)	Consommation en eau (m ³)	Augmentation de la demande en eau (%)
Régie d'irrigation actuelle	279,1	58,6	35	-
ET _r	309,3	65	38,8	11
ET _r + 20 %	371,2	78	46,5	33

¹Du 30 mai au 21 septembre 2016.

DIAGNOSTIC DU SYSTÈME D'IRRIGATION

Un diagnostic du système d'irrigation sommaire a permis d'évaluer la performance de ce dernier en conditions réelles et de le comparer aux valeurs théoriques fournies par le fabricant. Selon la charte du fabricant (Figure 4) le débit attendu, à 12 psi, est d'environ 0,41 gpm par 100'. Selon la longueur linéaire totale de goutte à goutte installé dans la serre (700 pieds), le débit attendu aurait été de 2,9 gpm ou 10,9 lpm.

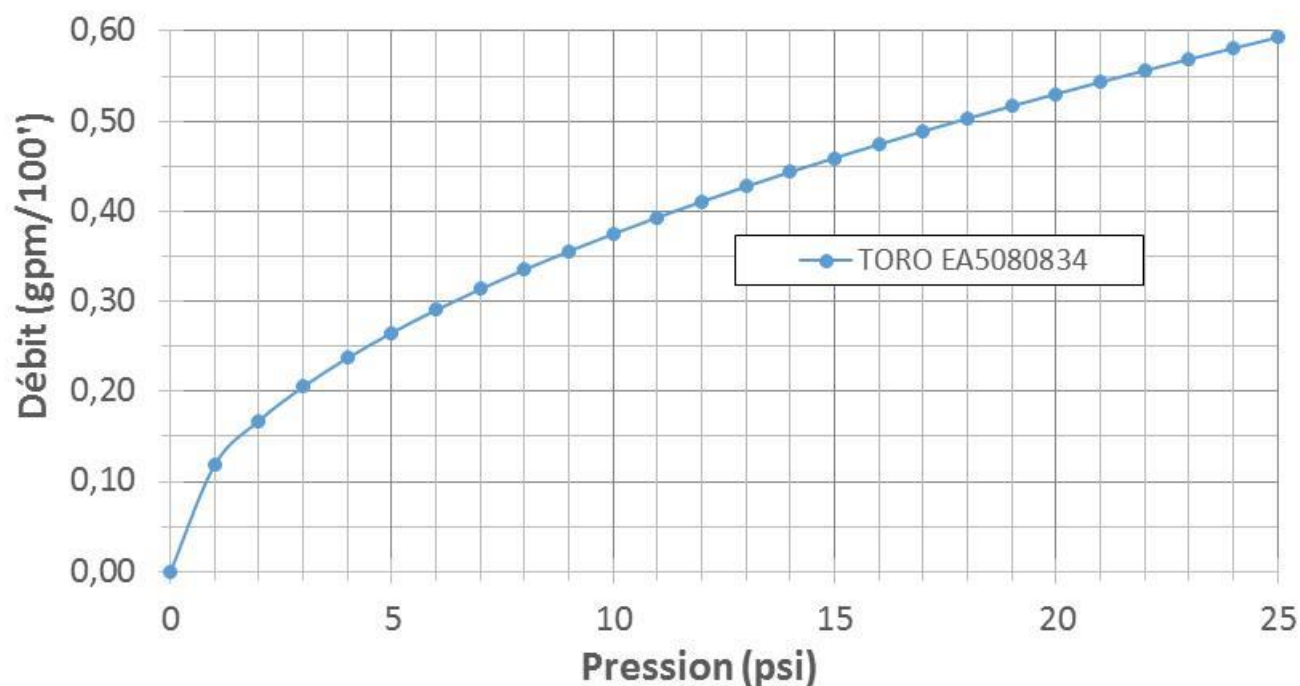


Figure 4. Débit théorique du EA5080834 en gpm/100' selon la pression du tube (psi).

Comme il a été présenté dans le Tableau 1, le débit moyen mesuré par le compteur d'eau a atteint 9,9 lpm soit une valeur inférieure de 1 lpm. Dans ce cas, plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette différence. Dans un premier temps, les débits moyens calculés tiennent compte de l'ensemble des débits pour une irrigation donnée incluant les débits lors de la période de chargement et de drainage du système. Ces valeurs moyennes peuvent

légèrement différer des débits en pleine charge seulement. En deuxième lieu, il est possible que la pression d'opération réelle ait été inférieure à la pression nominale du régulateur de pression lors de certains épisodes d'irrigation. Un débit moyen de 9,9 lpm est équivalent au débit théorique du réseau de goutte à goutte fonctionnant à 10 psi. Puisque le compteur d'eau était installé sur une conduite de tête, il est aussi possible que la pression à l'entrée de la serre ait été affectée par une demande simultanée relative à d'autres équipements d'irrigation reliés à la conduite principale. Les autres facteurs pouvant faire fluctuer la pression d'opération incluent notamment les réglages de la pompe, la hauteur de la crépine par rapport à la pompe, l'état du filtre et les fuites dans le réseau. Finalement, l'usure des goutteurs ou le colmatage de ceux-ci peuvent aussi modifier les débits d'un système.

En ce sens, les mesures effectuées à l'aide du débitmètre permettent de déceler un potentiel problème de colmatage qui se serait instauré au courant de la saison (Figure 5). Visuellement, chaque cercle bleu représente un débit mesuré par minute. Cette représentation graphique renferme donc les 3514 minutes d'irrigation mesurées. Le plus grand nombre des valeurs se retrouvent près de la moyenne à environ 10 lpm. Le débit est assez stable pour l'ensemble de la saison. Le débit moyen a une tendance légèrement à la baisse pour l'ensemble de la saison, mais cela reste cependant négligeable. Par le fait même, le colmatage du système est assurément assez marginal. Toutefois, dans le cas où le goutte à goutte serait récupéré et réutilisé sur plusieurs saisons, un diagnostic précis du colmatage serait recommandable.

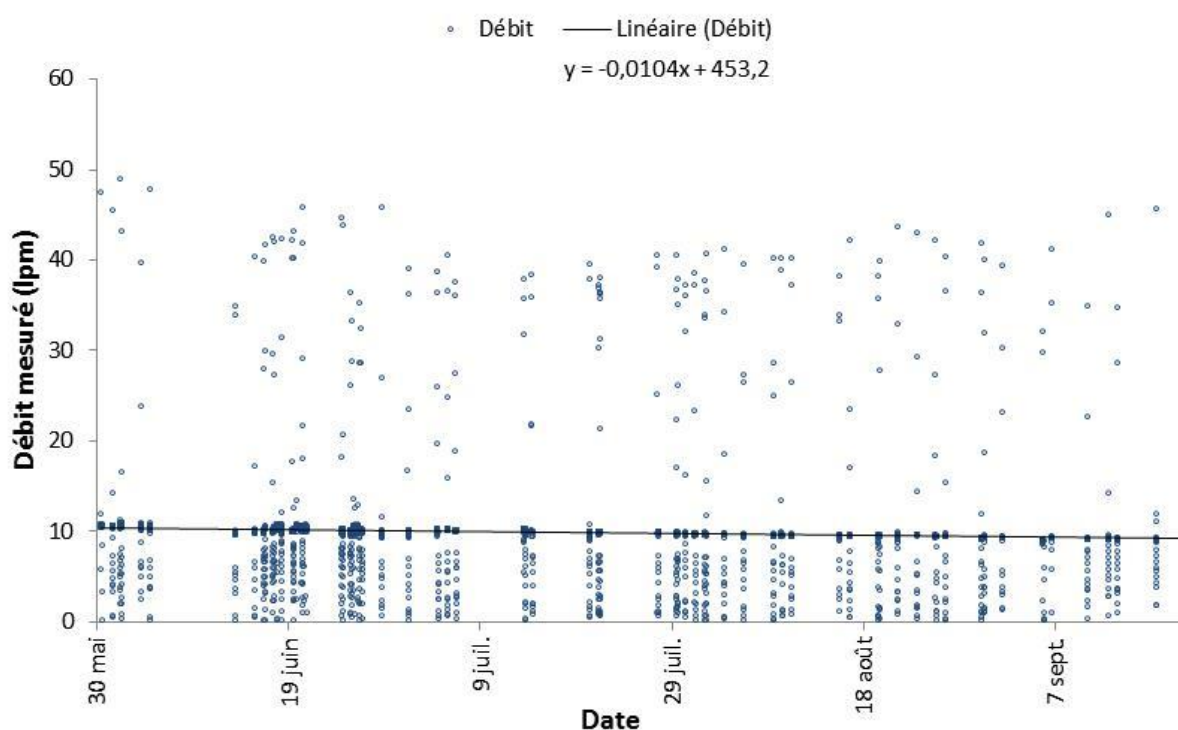


Figure 5. Ensemble des débits mesurés (lpm) du 30 mai au 21 septembre 2016.

5 CONCLUSION

À la lumière des résultats et des observations effectuées au courant de la saison, la culture a potentiellement subi un stress hydrique de manière assez prolongée. Le stress hydrique a été plus marqué à partir de la fin du mois de juillet et s'est poursuivi jusqu'à la fin de la saison. La régie d'irrigation pourrait être améliorée en augmentant la fréquence des apports lorsque la demande en évapotranspiration est forte. Actuellement évaluée entre 45 et 60 minutes, la durée idéale d'un épisode d'irrigation devrait être évaluée à nouveau advenant une augmentation de la fréquence des épisodes. En effet, le sol serait alors maintenu plus humide, ce qui diminuerait la capacité de ce dernier à retenir l'eau. Durant la période des essais, une consommation en eau supplémentaire de 30 % aurait été nécessaire pour reconcentrer les besoins estimés par bilan hydrique. La mise en place de nouvelles stratégies d'irrigations doit être accompagnée d'un suivi à l'aide d'outil de mesure afin de maximiser les retombées positives du changement. Par ailleurs, il est conseillé de réaliser une analyse des principaux composants chimiques et biologiques de l'eau utilisée afin d'éviter tout problème éventuel pouvant affecter la production des légumes.

6 ANNEXE

COURBE DE DÉSORPTION EN EAU

La courbe de désorption en eau exprime la relation entre la teneur en eau d'un sol (θ) et le potentiel matriciel (ψ). La quantité d'eau disponible dans un sol est directement en lien avec le potentiel matriciel puisque celui-ci est la force à laquelle l'eau est retenue par les particules de sol. La courbe de désorption réalisée est présentée à la Figure 6.

Pour déterminer la réserve en eau facilement utilisable par la plante graphiquement, il suffit de calculer l'eau disponible entre la capacité au champ « in situ » et le plateau de la courbe de désorption en eau. La capacité au champ (CC) correspond à la teneur en eau retenue dans un sol de 24 à 72 heures après un épisode de saturation. Le délai entre l'événement de saturation et la capacité au champ dépendra du temps nécessaire au drainage de l'eau libre du sol. Le plateau de la courbe de désorption correspond à la zone de la courbe située entre la CC « in situ » et le point de flétrissement permanent (point théorique à 100 kPa), caractérisé par une pente presque nulle.

La capacité au champ in situ n'a pu être mesurée de manière précise. Toutefois, une valeur de 4,5 kPa a été utilisée et reflète normalement une capacité au champ observé pour un sol de même caractéristique physique. Le point de plateau de la courbe a été déterminé dans l'intervalle 15-20 kPa. À cet endroit de la courbe, la pente perpendiculaire à la courbe diminue pour y devenir presque nulle.

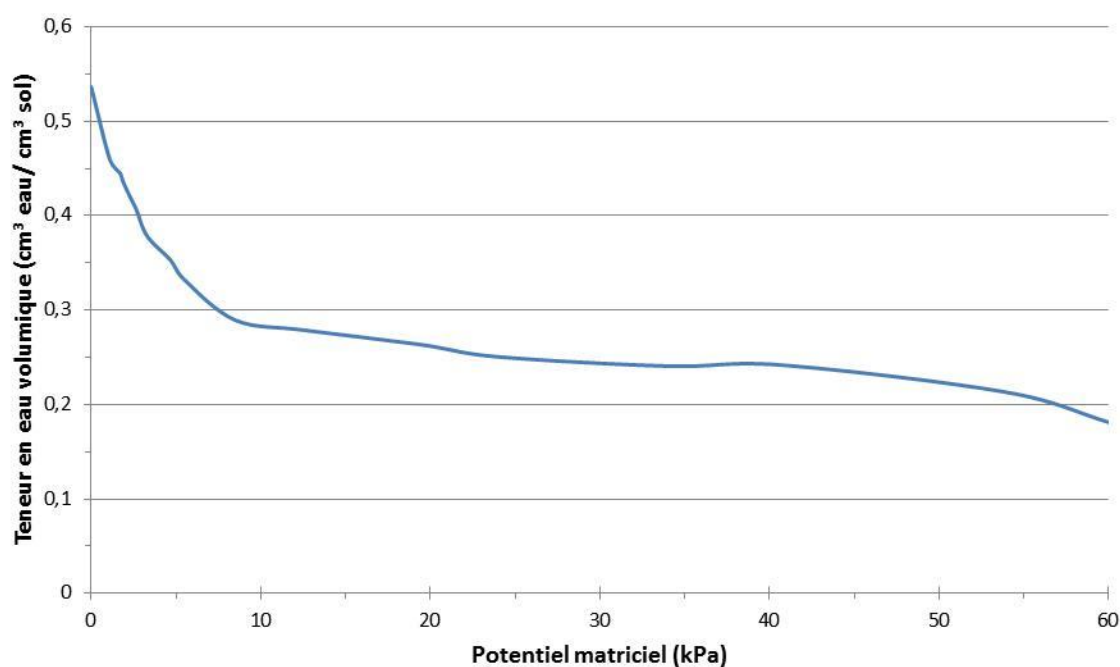


Figure 6. Courbe de désorption en eau du sol.

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Analyse		Valeur mesurée
Détritus	(%)	24,4
pH		6,1
M.O.	(%)	5,3
Sable très gros	(%)	6
Sable gros	(%)	11
Sable moyen	(%)	21
Sable fin	(%)	29
Sable très fin	(%)	8
Limon gros	(%)	6
Limon moyen	(%)	5
Limon fin	(%)	4
Sable	(%)	74
Limon	(%)	15
Argile	(%)	11
Texture		LOAM SABLEUX

TEMPÉRATURE DE L'AIR

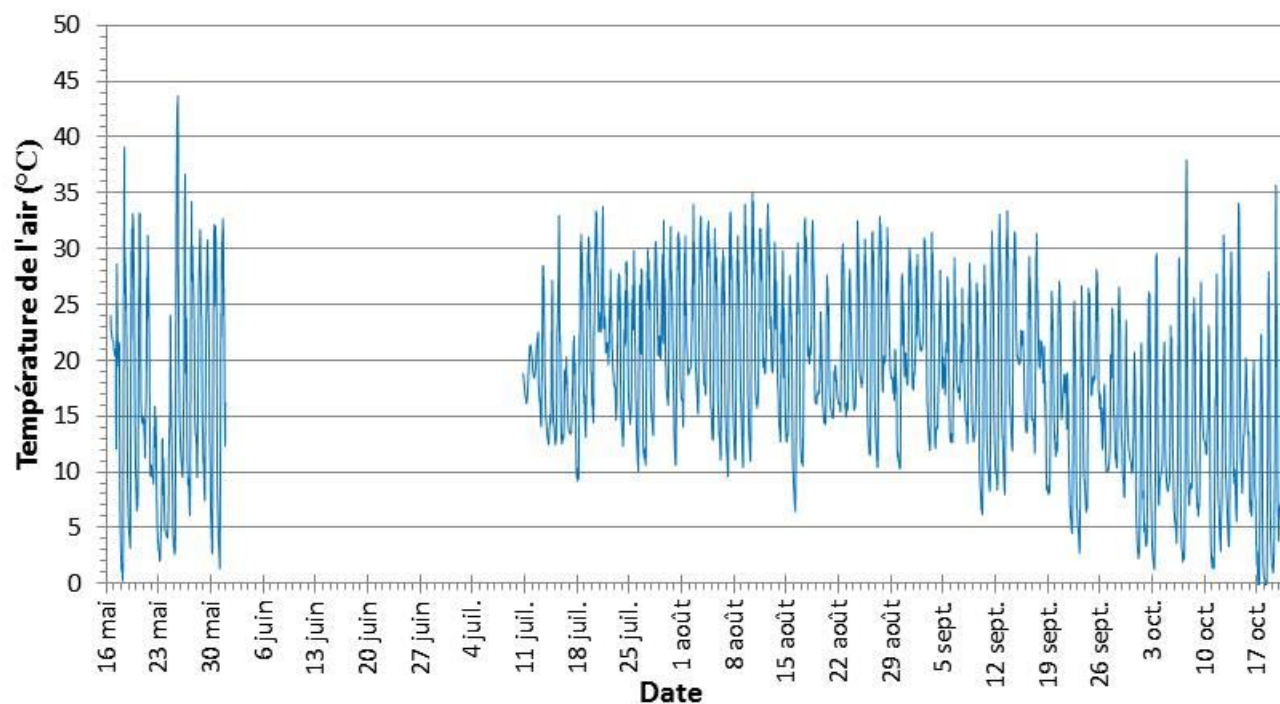


Figure 7. Température de l'air à l'intérieur de la serre (°C), 2016.

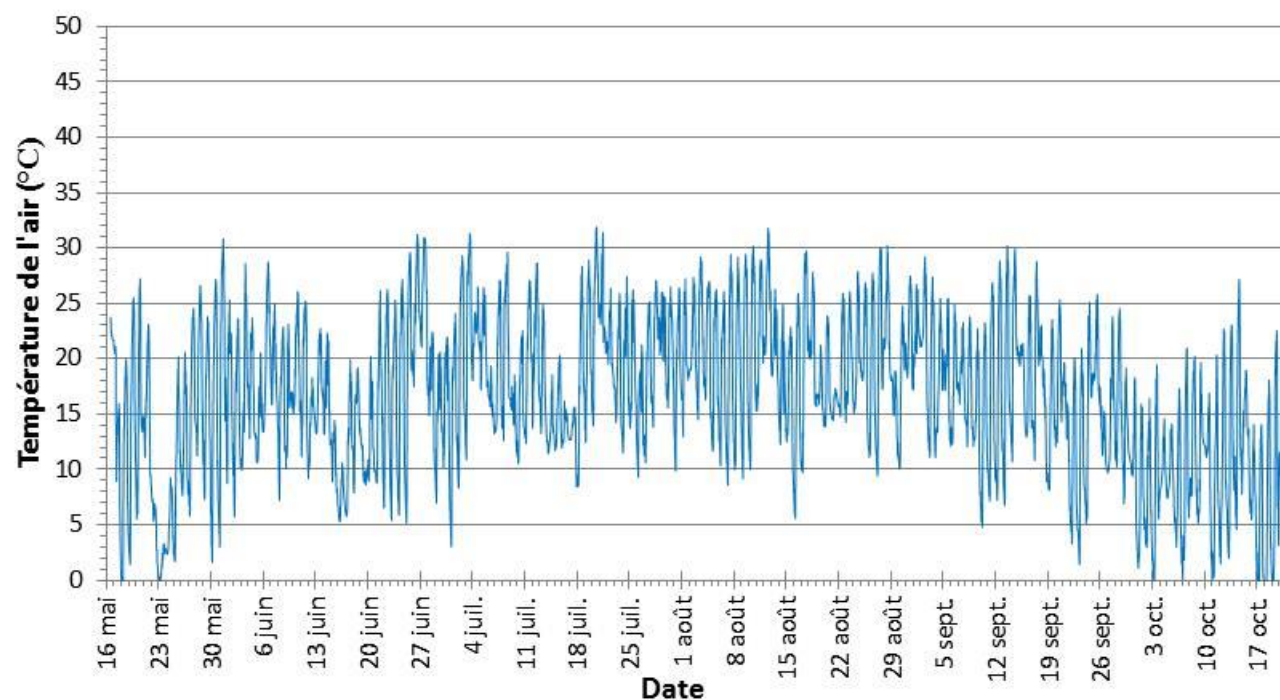


Figure 8. Température de l'air extérieur (°C), 2016.

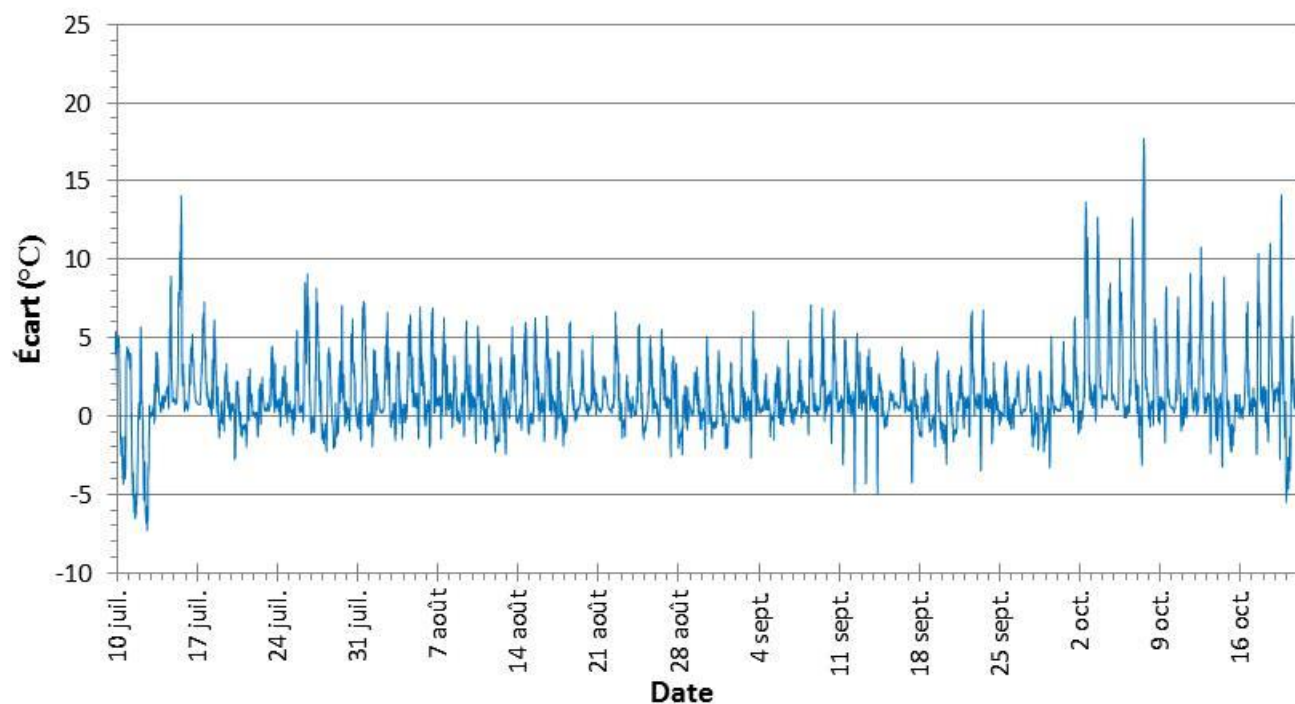


Figure 9. Écart entre la température de l'air à l'intérieur de la serre et la température extérieure (°C), 2016.

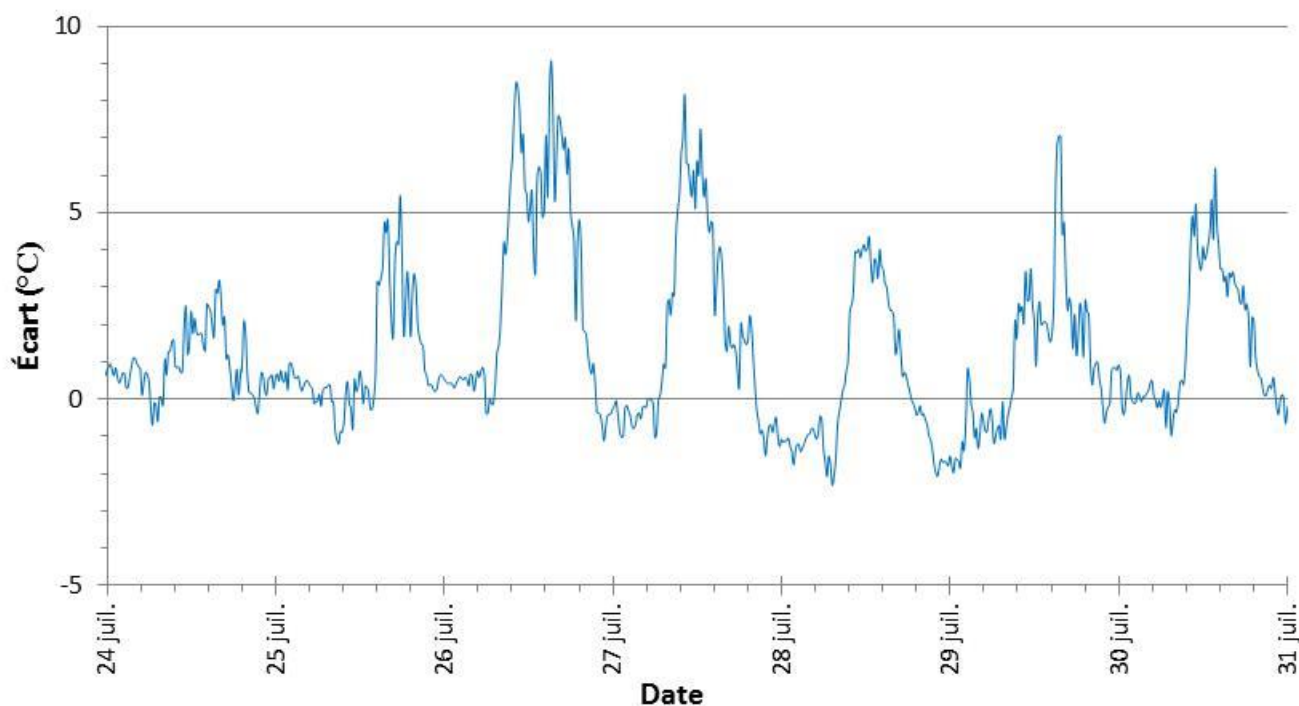


Figure 10. Écart entre la température de l'air à l'intérieur de la serre et la température extérieure (°C), semaine typique (24 au 31 juillet 2016).

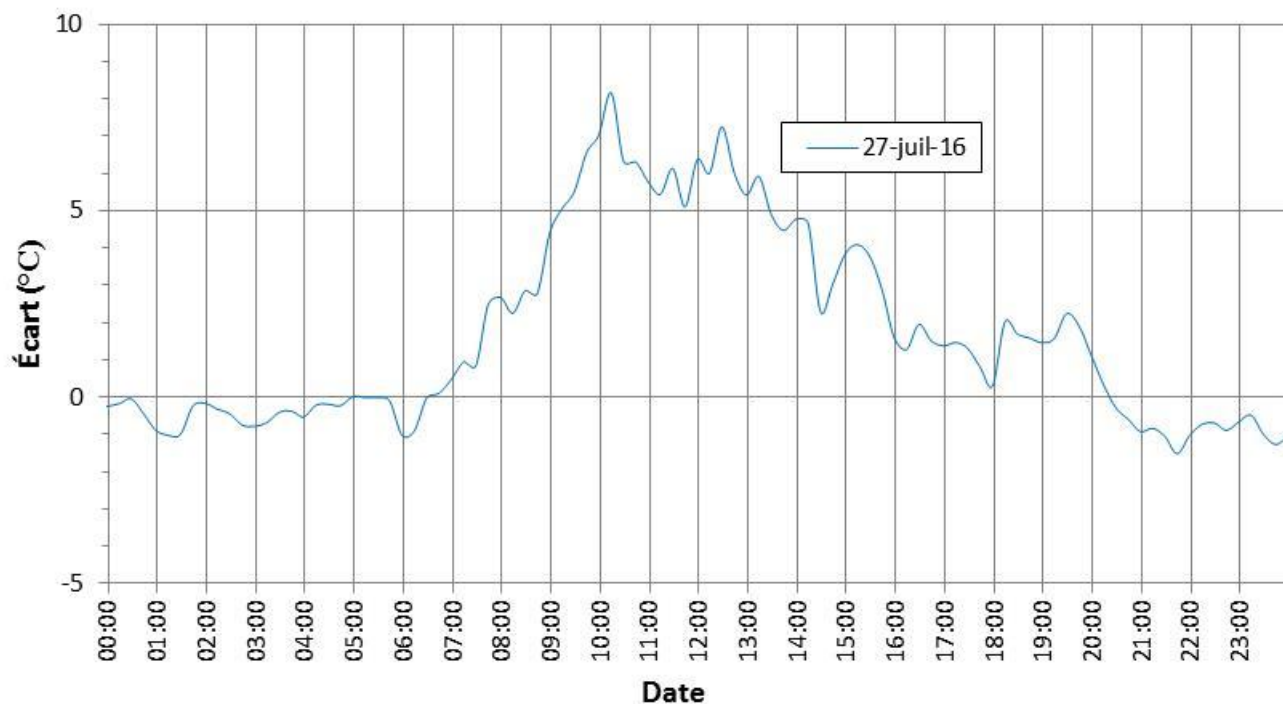


Figure 11. Écart entre la température de l'air intérieur de la serre et la température extérieure (°C), journée typique (27 juillet 2016).