



Compagnie de Recherche Phytodata Inc.

Essai d'efficacité et de tolérance du Presidio (fluopicolide) pour le contrôle du
dépérissement racinaire (*Pythium* spp) dans la carotte

Anne-Marie Fortier, M.Sc.
Chercheur principal et gestionnaire du projet

Hervé Van der Heyden, phytopathologiste M.Sc.

Décembre 2014

Coordonateur de projet : **Mohammed Akalach**
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Centre de Recherche et de Développement en Horticulture
430 boul. Gouin
St-Jean-sur-Richelieu, QC
J3B 3E6
Tél: (450) 515-2003
Fax: (450) 346-7740
Email: Mohammed.Akalach@agr.gc.ca

Personnel impliqué:

Nom : **Fortier, Anne-Marie**
Compagnie : Compagnie de Recherche Phytodata
Fonction : Chercheur principale et gestionnaire du projet
Adresse : 291 rue de la Coopérative, Sherrington (Qc), J0L 2N0
Téléphone : (450) 454-3992 poste 34
E-mail : afortier@phytodata.ca

Nom : **Van der Heyden, Hervé**
Compagnie : Compagnie de Recherche Phytodata
Fonction : Phytopathologiste et spécialiste de la culture
Adresse : 291 rue de la Coopérative, Sherrington (Qc), J0L 2N0
Téléphone : (450) 454-3992 poste 34
E-mail : hvanderheyden@phytodata.ca

Nom : **Ramadan, Mahmoud**
Compagnie: Phytodata Inc.
Fonction : Technicien

Nom: **Souheil Benramoul et Jonathan Tringle-Boulerice**
Compagnie: Phytodata Inc.
Fonction : Employés saisonniers

Nom: **Gobeil-Richard, Mélanie**
Compagnie: Phytodata Inc.
Fonction : Technicienne de labo

Essai d'efficacité et de tolérance du Presidio (fluopicolide) pour le contrôle du dépérissement racinaire (*Pythium* spp) dans la carotte

INTRODUCTION

Les Chromistes du genre *Pythium* appartiennent à la classe des oomycètes. Ce sont des organismes très polyphages qui se développent dans des conditions élevées d'humidité, à des températures variant de 1 à 42°C selon l'espèce. Ils infectent le tissu épidermique de façon directe, ou par l'intermédiaire de blessures, et envahissent rapidement le tissu grâce à l'action d'enzymes lytiques. Ils survivent dans les sols cultivés sous forme de mycélium pendant une à deux semaines, sous forme de sporanges pendant une période un peu plus longue et sous forme d'oospores pendant plusieurs années, certaines espèces pouvant rester dans le sol jusqu'à 12 ans.

Plusieurs espèces de *Pythium* causent des maladies chez la carotte (*Pythium violae*, *irregulare*, *sulcatum*, *sylvaticum*, *ultimum*), mais *P. sylvaticum* et *P. sulcatum* sont les plus communes au Québec (Boulé et al., 2004). La cavité pythienne et le dépérissement pythien (aussi appelé rousselure, racines rouille, dépérissement latéral des racines et racine fourchue) sont des maladies communes de la carotte, surtout en sols organiques. Les infections peuvent se produire dès le début du développement de la carotte et sont généralement favorisées par l'humidité du sol. Les symptômes du dépérissement pythien sont la formation de racines latérales brun roux, la division de la racine (racine fourchue) et le retard de développement. Ces symptômes peuvent être facilement confondus avec ceux causés par les nématodes, les phytoplasmes, la compaction du sol ou un mauvais drainage.

Ce projet avait pour principal objectif de tester l'efficacité du fongicide Presidio (fluopicolide) contre le dépérissement pythien (*Pythium* spp) dans la carotte. L'élément d'essai a été comparé à un témoin non traité ainsi qu'au standard commercial Ranman 400 SC (cyazofamid). Différents moments et modes d'application ont été comparés et le fluopicolide a été testé seul ou en combinaison avec le fongicide V-10208 (ethaboxam) et le standard commercial. En plus de l'évaluation de l'efficacité de l'élément d'essai sur le dépérissement pythien, le niveau de phytotoxicité sur la culture a été noté, et une estimation du rendement a été faite à la récolte.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'essai a été réalisé sur la ferme Maraîcher J.P.L. Guérin & Fils Inc., située à Sherrington, en Montérégie Ouest. Le dispositif expérimental comprenait 9 traitements et 4 répétitions, pour un total de 36 parcelles disposées selon un plan en blocs aléatoires complets (Annexe 1). Chaque parcelle mesurait 3,25 mètres de large (4 buttes) par 8 mètres de long (26m²). Les carottes (variété Enterprise) ont été semées au champ le 11 juin à une densité de 52 graines par mètre de rang. Le traitement 2 (Presidio) a été appliqué au semis (11 juin), le traitement 9 (Ranman) avant l'émergence (16 juin) et les traitements 3, 6 et 7 ont été appliqués en bande à l'émergence des carottes (19 juin). Les traitements foliaires ont été effectués le 15 juillet, 28 juillet et 13 août, aux stades BBCH 14, 17 et 42 respectivement. Les applications ont été faites juste avant un événement de pluie, afin que les produits atteignent la zone racinaire. Pour les traitements du 16 et du 19 juin (voir description des applications), une irrigation a été faite à la main dans chacune des parcelles suite à l'application des produits. Douze litres ont été apportés pour chacune des buttes, pour un total de 48 litres par parcelle ou 1,5 litre par mètre de rang.

À deux reprises (stades 3 et 5 feuilles), le nombre total de carottes a été dénombré sur 4 fois 1 mètre par parcelle et le pourcentage de plants fanés a été noté. L'incidence de la maladie a ensuite été évaluée 7 à 10 jours suivant chaque application foliaire à partir du stade BBCH 41 (diamètre 1 cm environ) en observant 25 carottes par parcelle et en notant le pourcentage de racines fourchues, rabougries et déformées. Une estimation visuelle de la phytotoxicité a été faite à chaque évaluation à l'aide d'une échelle de 0-100%. Le rendement a été comparé en récoltant toutes les carottes sur une longueur de 2 mètres sur les deux rangs du centre de chaque parcelle et en estimant le rendement total et le rendement commercialisable en tonnes par hectare, ainsi que le pourcentage de pertes reliées au dépérissement pythien (carottes rabougries, légèrement fourchues et sévèrement fourchues).

Des échantillons de carottes présentant des symptômes de dépérissement pythien ont été ramassés dans chaque parcelle lors de l'évaluation du 23 septembre et ramenés au laboratoire du Prisme pour identification. Neuf échantillons correspondant aux neuf traitements et composés d'une douzaine de carottes symptomatiques ont été analysés pour la présence de *Pythium sp.* Les carottes ont été lavées à l'eau courante puis rincées à l'eau distillée, et l'apex de chacune des carottes a été prélevé et conservé jusqu'à l'extraction d'ADN. L'extraction a été réalisée à l'aide d'une trousse commerciale (FastDNA spin kit, MoBio, Lolon Ohio). L'ADN génomique extraite a ensuite été dosée au spectrophotomètre (Nanodrop lite, Fisher Scientific, Mississauga Ont.). Chaque échantillon a ensuite été testé par PCR pour la présence des espèces de *Pythium* responsables du dépérissement pythien dans la carotte (*P. ultimum*, *P. sylvaticum*, *P. sulcatum*, *P. irregulare* et *P. violae*). Les échantillons positifs ont ensuite été testés en RT-qPCR.

Les analyses statistiques ont été faites à l'aide du logiciel XLSTAT. Les moyennes ont été comparées avec le test de Tukey lorsque l'ANOVA montrait des différences significatives entre les traitements.

Vous trouverez en annexe le dispositif expérimental montrant la randomisation des traitements et les zones tampons, ainsi que les données météorologiques (températures, humidité relative et précipitations) provenant d'une station située sur la ferme (modèle WatchDog 2700).

Liste des traitements

TRT #	Produit	Ingrédient actif	Formulation	Taux application	Moment d'application
1	Témoin non traité	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2	Presidio	fluopicolide	SC	292 ml/ha	1 application in-furrow au semis + 2 applications foliaires commençant 28-50 jours après émergence
3	Presidio	fluopicolide	SC	292 ml/ha	1 application en bande à l'émergence + 2 applications foliaires
4	Presidio	fluopicolide	SC	292 ml/ha	3 applications foliaires commençant 28-50 jours après émergence
5	Presidio	fluopicolide	SC	220 ml/ha	3 applications foliaires commençant 28-50 jours après émergence
6	Presidio V-10208	fluopicolide ethaboxam	SC SC	292 ml/ha 280 g ai/ha	1 application en bande à l'émergence + 2 applications foliaires
7	V-10208	ethaboxam	SC	280 g ai/ha	1 application en bande à l'émergence + 3 applications foliaires
8	Presidio Ranman 400	fluopicolide cyazofamid	SC SC	292 ml/ha 440 ml/ha	3 applications foliaires commençant 28-50 jours après émergence
9	Ranman 400	cyazofamid	SC	440 ml/ha	1 seule application avant émergence

Description de la culture

Culture	Carotte (<i>Daucus carota</i>)
Variété	Enterprise
Date de semis	11 juin 2014
Espacement entre les rangs	4 cm (3 rangs par butte)
Espacement entre les buttes	32 po (81 cm)
Densité	16/pied (environ 52 graines/m)

Description du ravageur

Nom commun	Nom scientifique
Dépérissement racinaire	<i>Pythium sulcatum</i>
Dépérissement racinaire	<i>Pythium irregulare</i>
Dépérissement racinaire	<i>Pythium ultimum</i>
Dépérissement racinaire	<i>Pythium sylvaticum</i>

Dispositif expérimental

Largeur des parcelles: 3,25m (128", 4 buttes avec 3 rangs triples)

Longueur des parcelles: 8m

Nombre de répétitions: 4

Dispositif expérimental: blocs aléatoires complets

Préparation du champ

Date	Opération
Environ une semaine avant semis	Labour
Environ une semaine avant semis	Herse rotative

Traitements d'entretien

Date	Produit	Ingrédient actif	Formulation	Garantie	Taux
24 juin	Venture L	fluoazifop-P-butyl et isomère-S	Concentré émulsifiable	125 g/L	0,6 L/ha
4 juillet	Lorox L	linuron	Suspension liquide	480 g/L	2,5 L/ha
26 juillet	Bravo 500	chlorothalonile	Suspension liquide	500 g/L	2 L/ha
30 juillet	Lorox L	linuron	Suspension liquide	480 g/L	2,5 L/ha
4 août	Bravo 500	chlorothalonile	Suspension liquide	500 g/L	2,5 L/ha
18 août	Bravo 500 Dithane DG	chlorothalonile mancozèbe	Suspension liquide Granulés mouillables	500 g/L 75%	1,5 L/ha 1 kg/ha
22 août	Bravo 500 Ripcord 400 EC	chlorothalonile cyperméthrine	Suspension liquide Concentré émul.	500 g/L 407 g/L	1,5 L/ha 175 ml/ha
29 août	Dithane DG	mancozèbe	Granulés mouillables	75%	1,5 kg/ha
2 septembre	Bravo 500 Dithane DG	chlorothalonile mancozèbe	Suspension liquide Granulés mouillables	500 g/L 75%	1,5 L/ha 1,25 kg/ha
23 septembre	Bravo 500 Dithane DG	chlorothalonile mancozèbe	Suspension liquide Granulés mouillables	500 g/L 75%	1,5 L/ha 1,5 kg/ha

Fertilisation

Date	Méthode	Type	Quantité
30 mai	volée	9.3- 8.6- 31.0	588 kg/ha
9 juin	volée	9.3- 8.6- 31.0	653 kg/ha
14 juillet	foliaire	27-15-12 46-0-0	3,5 kg/ha 6 kg/ha
26 juillet	foliaire	27-15-12 46-0-0	2,5 kg/ha 4 kg/ha
4 août	foliaire	27-15-12 46-0-0	2 kg/ha 3,5 kg/ha
18 août	foliaire	27-15-12 46-0-0	3,5 kg/ha 2,6 kg/ha
22 août	foliaire	27-15-12 46-0-0	2,5 kg/ha 4 kg/ha
2 septembre	foliaire	27-15-12	1 kg/ha
23 septembre	foliaire	27-15-12 46-0-0	3 kg/ha 4 kg/ha

Historique du champ

Année	Pesticide	Date d'application	Culture
2013	Bravo 500	27 septembre	carotte
2013	Bravo 500 Ripcord 400 EC	18 septembre	carotte
2013	Bravo 500	28 août	carotte
2013	Lorox L	27 août	carotte
2013	Lorox L Factor 540 IPCO	9 août	carotte
2013	Lorox L	1 ^{er} août	carotte
2013	Lorox L	18 juillet	carotte
2013	Venture L	16 juillet	carotte
2013	Ranman 400 SC	13 juillet	carotte
2013	Gesagard 480 SC	8 juillet	carotte
2012	Presidio	17 août	Laitue romaine
2012	Movento 240 SC	8 août	Laitue romaine
2012	Coragen Lance WDG	3 août	Laitue romaine
2012	Gramoxone	30 juillet	Laitue romaine
2012	Gramoxone	16 juillet	Laitue romaine

Description du sol

Name	Sol organique
% sable	N.A.
% limon	N.A.
% argile	N.A.
% matière organique	44,7
pH tampon	6,3
CEC	37,6
texture	organique

Éléments additionnels mesurés

Élément	Quantité	Unité
Ca	9 805	Kg/ha
K	522	Kg/ha
Mg	1 198	Kg/ha
P	278	Kg/ha

Pluviométrie

(Pour la semaine précédent et les 10 jours suivant chaque application)

Date	Quantité	Unité	Date	Quantité	Unité
4 juin	0.5	mm	19 juillet	0.0	mm
5 juin	0.0	mm	20 juillet	0.0	mm
6 juin	0.0	mm	21 juillet	0.0	mm
7 juin	0.0	mm	22 juillet	0.0	mm
8 juin	0.0	mm	23 juillet	11.9	mm
9 juin	0.0	mm	24 juillet	0.0	mm
10 juin	1.0	mm	25 juillet	0.0	mm
11 juin	0.0	mm	26 juillet	0.0	mm
12 juin	49.1	mm	27 juillet	15.7	mm
13 juin	28.8	mm	28 juillet	3.6	mm
14 juin	5.1	mm	29 juillet	8.6	mm
15 juin	0.0	mm	30 juillet	0.2	mm
16 juin	0.0	mm	31 juillet	0.5	mm
17 juin	2.0	mm	1 août	0.0	mm
18 juin	25.3	mm	2 août	0.7	mm
19 juin	0.0	mm	3 août	0.0	mm
20 juin	0.0	mm	4 août	0.2	mm
21 juin	0.0	mm	5 août	0.0	mm
22 juin	0.0	mm	6 août	0.0	mm
23 juin	0.0	mm	7 août	1.2	mm
24 juin	26.3	mm	8 août	0.0	mm
25 juin	4.9	mm	9 août	0.0	mm
26 juin	0.0	mm	10 août	0.0	mm
27 juin	0.0	mm	11 août	0.0	mm
28 juin	0.0	mm	12 août	0.5	mm
29 juin	0.0	mm	13 août	40.8	mm
8 juillet	9.3	mm	14 août	0.7	mm
9 juillet	0.0	mm	15 août	0.5	mm
10 juillet	3.5	mm	16 août	10.6	mm
11 juillet	3.0	mm	17 août	1.0	mm
12 juillet	0.0	mm	18 août	0.0	mm
13 juillet	19.7	mm	19 août	0.0	mm
14 juillet	18.5	mm	20 août	0.0	mm
15 juillet	7.8	mm	21 août	0.0	mm
16 juillet	0.2	mm	22 août	0.0	mm
17 juillet	0.0	mm	23 août	0.0	mm
18 juillet	0.0	mm	24 août	0.0	mm

Application	11 juin	16 juin	19 juin	15 juillet	28 juillet	13 août
Nombre de jours entre le moment d'application et la 1ère pluie (>5mm)	1	2	5	0	1	0
Quantité de pluie reçue (mm) (station météo)	49.1	25.3	26.3	7.8*	8.6	40.8

*Un pluviomètre manuel placé à l'intérieur du site a accumulé 18 mm pour le 15 juillet

Description des applications

	A	B	C	D	E	F
Date	11 juin	16 juin	19 juin	15 juillet	28 juillet	13 août
Heure	16h00	14h00	9h30	7h15	9h00	8h00
Produit	Presidio (T2)	Ranman (T9)	Presidio + V-10208	tous	tous	tous
Méthode d'application	In-furrow	broadcast	bande	foliaire	foliaire	foliaire
T° air	19,8°C	26,8°C	23,7°C	20,6°C	17,5°C	19,7°C
H.R.	58,3%	38,6%	54,3%	93,6%	95,9%	93,6%
Vitesse vent	8 km/h	3 km/h	8 km/h	1,7 km/h	2,7 km/h	0 km/h
Direction vent	SE	SO	SO	SE	NE	-
Présence rosée	N.A.	N.A.	N.A.	oui	non	oui
T° sol	20,6°C	19,8°C	18,0°C	20,1°C	20,0°C	22,0°C
Humidité sol	humide	humide	humide	humide	humide	mouillé
Équipement	Pulvé. à dos	Bicycle	Pulvé. à dos	Bicycle	Bicycle	Bicycle
Propulsion	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Pression	45 psi	30 psi	45 psi	30 psi	30 psi	30 psi
Buses	XR 8005	TJ 11004	XR 8005	TJ 11004	TJ 11004	TJ 11004
Espacement des buses	N.A.	50 cm	N.A.	50 cm	50 cm	50 cm
Nombre buses	1	3	1	3	3	3
Vitesse d'avancement	0,9 km/h	3,9 km/h	0,9 km/h	3,9 km/h	3,9 km/h	3,9 km/h
Volume d'application	400 L/ha	400 L/ha	400 L/ha	400 L/ha	400 L/ha	400 L/ha
Commentaires	1 passage par butte	2 passages par parcelle	1 passage par butte	2 passages par parcelle		42 mm pluie

RÉSULTATS

Tableau 1. Densité moyenne au mètre et pourcentage de plants fanés pour chacun des traitements

Ravageur	Pythium spp	Pythium spp	Pythium spp	Pythium spp
Culture	carotte	carotte	carotte	carotte
Date d'évaluation	7 juillet	23 juillet	7 juillet	23 juillet
Type de données	densité	densité	% fanés	% fanés
Partie évaluée	plant	plant	plant	plant
Unité expérimentale	parcelle	parcelle	parcelle	parcelle
TRT				
1- Témoin non traité	49,44 a 3,17 StErr	47,25 a 2,24 StErr	2,51 a 1,25 StErr	2,63 a 0,82 StErr
2- Presidio 292 ml/ha in-furrow + foliaires	49,94 a 0,50 StErr	47,56 a 0,64 StErr	1,75 a 0,43 StErr	2,48 a 0,48 StErr
3- Presidio 292 ml/ha bande + foliaires	48,88 a 2,25 StErr	43,69 a 3,39 StErr	3,95 a 1,60 StErr	3,54 a 1,77 StErr
4- Presidio 292 ml/ha foliaires	50,94 a 0,74 StErr	46,19 a 1,75 StErr	3,35 a 1,66 StErr	3,26 a 1,02 StErr
5- Presidio 220 ml/ha foliaires	43,81 a 1,26 StErr	42,25 a 1,75 StErr	3,29 a 0,83 StErr	4,04 a 1,41 StErr
6- Presidio + V-10208 bande + foliaires	46,81 a 2,33 StErr	40,94 a 2,55 StErr	4,78 a 1,65 StErr	6,90 a 3,28 StErr
7- V-10208 bande + foliaires	47,94 a 1,90 StErr	45,13 a 1,88 StErr	2,39 a 1,19 StErr	3,74 a 1,07 StErr
8- Presidio + Ranman	46,56 a 1,35 StErr	41,94 a 0,30 StErr	4,98 a 1,89 StErr	5,06 a 0,85 StErr
9- Ranman	49,13 a 1,89 StErr	45,69 a 2,59 StErr	2,68 a 2,16 StErr	4,92 a 1,56 StErr
F (P=0,05)	1,192	1,301	0,496	1,110
P (ANOVA)	0,344	0,290	0,847	0,391
Écart-type	3,953	4,231	3,119	2,629
CV	8,208	9,505	6,476	64,722
Bartlett X²	11,041	14,411	7,288	13,496
P (Bartlett)	0,199	0,072	0,506	0,096

Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($\alpha=0,05$, test de Tukey)

Tableau 2. Incidence de carottes fourchues ou rabougries pour chacune des dates d'évaluation et chacun des traitements

Ravageur	Pythium spp	Pythium spp	Pythium spp	Pythium spp	Pythium spp	Pythium spp
Culture	carotte	carotte	carotte	carotte	carotte	carotte
Date d'évaluation	6 août	20 août	26 août	8 sept.	16 sept.	23 sept.
Type de données	% fourchues	% fourchues	% fourchues	% fourchues	% fourchues	% fourchues
Partie évaluée	plant	plant	plant	plant	plant	plant
Unité expérimentale	parcelle	parcelle	parcelle	parcelle	parcelle	parcelle
Nombre de sous-échantillons	25	25	25	25	25	25
TRT						
1- Témoin non traité	22,00 a 8,72 StErr	18,00 a 2,58 StErr	24,00 a 5,16 StErr	24,00 a 1,63 StErr	19,00 a 3,79 StErr	21,00 a 4,12 StErr
2- Presidio 292 ml/ha in-furrow + foliaires	14,00 a 3,46 StErr	14,00 a 2,58 StErr	14,00 a 3,46 StErr	11,00 a 1,91 StErr	15,00 a 3,00 StErr	14,00 a 5,29 StErr
3- Presidio 292 ml/ha bande + foliaires	19,00 a 3,00 StErr	15,00 a 1,91 StErr	21,00 a 1,00 StErr	15,00 a 5,26 StErr	19,00 a 1,00 StErr	15,00 a 2,52 StErr
4- Presidio 292 ml/ha foliaires	19,00 a 5,26 StErr	22,00 a 5,03 StErr	24,00 a 2,83 StErr	25,00 a 4,43 StErr	26,00 a 3,46 StErr	24,00 a 5,42 StErr
5- Presidio 220 ml/ha foliaires	21,00 a 2,52 StErr	27,00 a 5,00 StErr	18,00 a 6,22 StErr	28,00 a 3,27 StErr	30,00 a 1,15 StErr	18,00 a 5,29 StErr
6- Presidio + V-10208 bande + foliaires	14,00 a 3,46 StErr	23,00 a 4,43 StErr	22,00 a 5,29 StErr	21,00 a 5,00 StErr	16,00 a 3,65 StErr	29,00 a 3,42 StErr
7- V-10208 bande + foliaires	14,00 a 2,58 StErr	18,00 a 4,16 StErr	22,00 a 4,16 StErr	16,00 a 5,16 StErr	23,00 a 5,74 StErr	24,00 a 1,63 StErr
8- Presidio + Ranman	12,00 a 4,32 StErr	22,00 a 5,03 StErr	18,00 a 1,15 StErr	21,00 a 4,12 StErr	21,00 a 1,91 StErr	21,00 a 1,91 StErr
9- Ranman	10,00 a 2,58 StErr	21,00 a 4,12 StErr	15,00 a 1,91 StErr	30,00 a 2,58 StErr	14,00 a 2,58 StErr	17,00 a 4,12 StErr
F (P=0,05)	0,849	1,408	0,951	2,410	2,415	1,434
P (ANOVA)	0,571	0,243	0,495	0,046	0,045	0,233
Écart-type	9,175	6,950	7,589	8,092	6,810	8,097
CV	56,949	34,750	38,371	38,130	33,492	39,822
Bartlett X²	8,874	4,478	13,908	6,674	11,298	7,050
P (Bartlett)	0,353	0,812	0,084	0,572	0,185	0,531

Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($\alpha=0,05$, test de Tukey)

Tableau 3. Rendement

Ravageur	Pythium spp	Pythium spp	Pythium spp
Culture	carotte	carotte	carotte
Type de données	Rendement total (t/ha)	Rendement vendable (t/ha)	% dommages
Unité expérimentale	parcelle	parcelle	parcelle
TRT			
1- Témoin non traité	71,83 a 2,06 StErr	53,36 a 2,62 StErr	20,97 a 0,74 StErr
2- Presidio 292 ml/ha in-furrow + foliaires	71,30 a 4,70 StErr	52,08 a 3,68 StErr	21,26 a 1,11 StErr
3- Presidio 292 ml/ha bande + foliaires	73,49 a 4,94 StErr	52,88 a 3,87 StErr	22,05 a 1,76 StErr
4- Presidio 292 ml/ha foliaires	74,92 a 5,24 StErr	56,48 a 3,78 StErr	22,53 a 2,26 StErr
5- Presidio 220 ml/ha foliaires	71,75 a 2,36 StErr	50,43 a 2,38 StErr	25,15 a 2,14 StErr
6- Presidio + V-10208 bande + foliaires	67,28 a 1,91 StErr	43,63 a 4,08 StErr	28,92 a 4,96 StErr
7- V-10208 bande + foliaires	71,63 a 5,82 StErr	49,38 a 5,42 StErr	25,29 a 2,94 StErr
8- Presidio + Ranman	70,25 a 1,31 StErr	49,06 a 0,80 StErr	21,99 a 2,10 StErr
9- Ranman	69,90 a 1,71 StErr	49,32 a 4,58 StErr	23,08 a 2,81 StErr
F (P=0,05)	0,558	1,318	1,032
P (ANOVA)	0,801	0,282	0,440
Standard deviation	5,811	6,269	5,031
CV	8,142	12,356	21,436
Bartlett X²	12,159	8,322	11,473
P (Bartlett)	0,144	0,403	0,176

Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($\alpha=0,05$, test de Tukey)

Tableau 4. Résultats des tests PCR pour la présence de cinq espèces de *Pythium*

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<i>Pythium ultimum</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Pythium sylvaticum</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Pythium sulcatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pythium irregulare</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Pythium violae</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

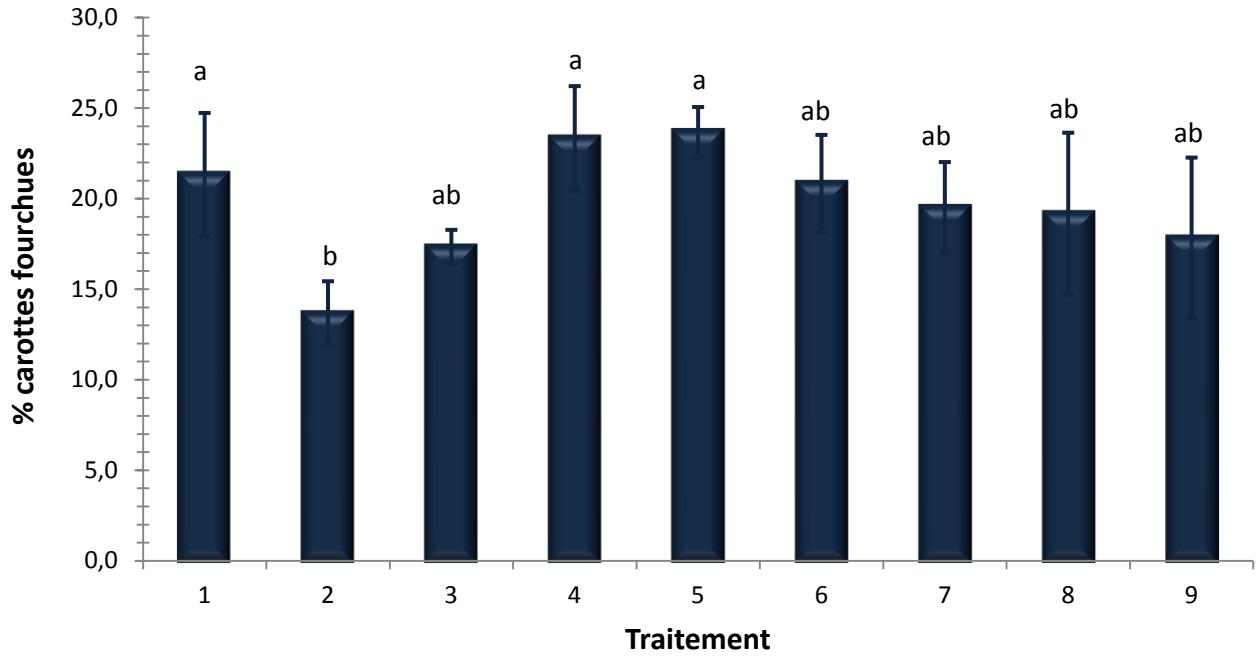


Figure 1. Incidence moyenne (\pm erreur-type) de carottes présentant des symptômes de dépérissement pythien pour les six dates d'évaluation combinées, pour chacun des traitements. Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

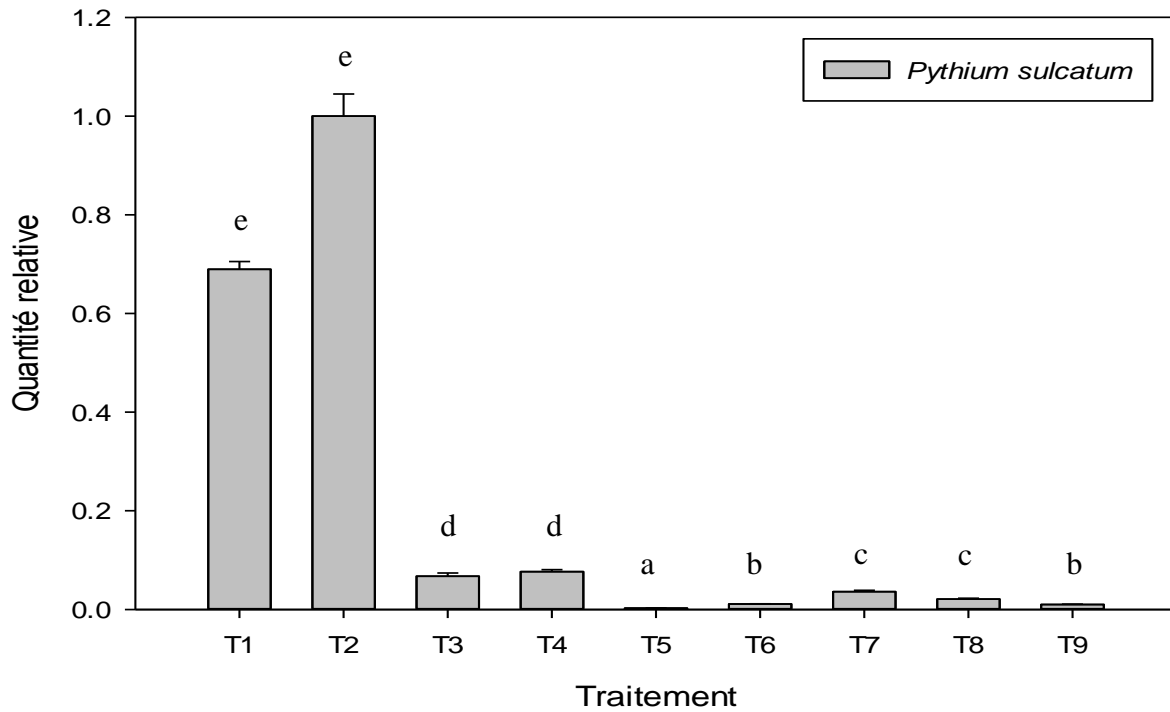


Figure 2. Quantité relative de *Pythium sulcatum* le 23 septembre pour chaque traitement

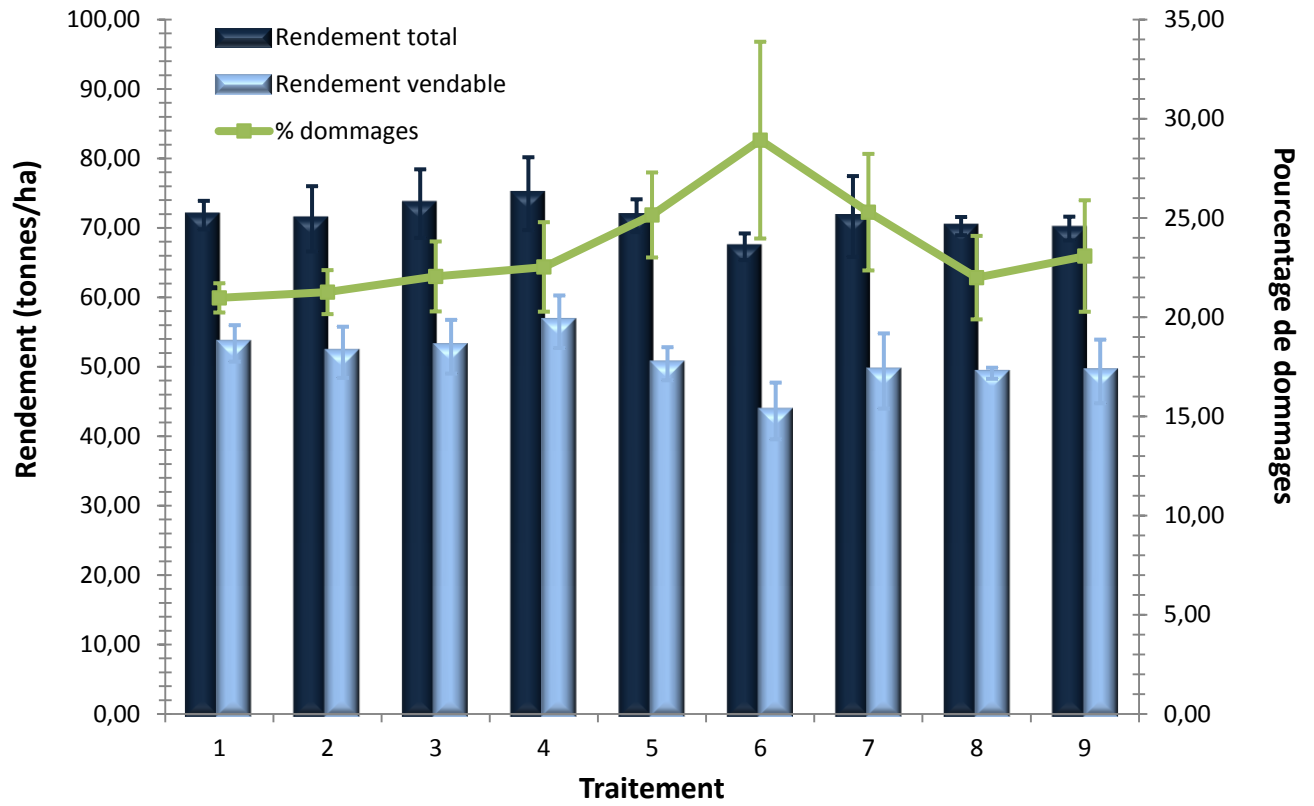


Figure 3. Rendement total et commercialisable en tonnes par hectare pour chacun des traitements, et pourcentage de carottes fourchues ou rabougries à la récolte (\pm erreur-type)

Tables d'ANOVA

Densité moyenne 7 juillet

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	7,422	2,474	0,158	0,923
Trt	8	149,066	18,633	1,192	0,344
Erreur	24	375,031	15,626		
Total	35	531,519			

Densité moyenne 23 juillet

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	49,535	16,512	0,922	0,445
Trt	8	186,274	23,284	1,301	0,290
Erreur	24	429,684	17,904		
Total	35	665,493			

% plants fanés 7 juillet

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	8,522	2,841	0,292	0,831
Trt	8	38,647	4,831	0,496	0,847
Erreur	24	233,548	9,731		
Total	35	280,717			

% plants fanés 23 juillet

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	99,399	33,133	4,792	0,009
Trt	8	61,422	7,678	1,110	0,391
Erreur	24	165,942	6,914		
Total	35	326,763			

% carottes fourchues 6 août

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	79,556	26,519	0,315	0,814
Trt	8	571,556	71,444	0,849	0,571
Erreur	24	2 020,444	84,185		
Total	35	2 671,556			

% carottes fourchues 20 août

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	600,889	200,296	4,147	0,0174
Trt	8	544,000	68,000	1,408	0,243
Erreur	24	1 159,111	48,296		
Total	35	2 304,000			

% carottes fourchues 26 août

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	257,778	85,926	1,492	0,242
Trt	8	438,222	54,778	0,951	0,495
Erreur	24	1 382,222	57,593		
Total	35	2 078,222			

% carottes fourchues 8 septembre

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	104,444	34 815	0,532	0,665
Trt	8	1 262,222	157,778	2,410	0,046
Erreur	24	1 571,556	65,481		
Total	35	2 938,222			

% carottes fourchues 16 septembre

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	19,111	6,370	0,137	0,937
Trt	8	896,000	112,000	2,415	0,045
Erreur	24	1 112,889	46,370		
Total	35	2 028,000			

% carottes fourchues 23 septembre

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	150,667	50,222	0,766	0,524
Trt	8	752,000	94,000	1,434	0,233
Erreur	24	1 573,333	65,556		
Total	35	2 476,000			

% moyen carottes fourchues pour toutes les dates d'évaluation

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	9,877	3,292	0,348	0,791
Trt	8	314,617	39,327	4,158	0,003
Erreur	24	227,012	9,459		
Total	35	551,506			

Rendement total en tonnes par hectare

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	701,422	233,807	6,924	0,002
Trt	8	150,609	18,826	0,558	0,801
Erreur	24	810,368	33,765		
Total	35	1 662,398			

Rendement commercialisable en tonnes/hectare

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	533,559	177,853	4,526	0,012
Trt	8	414,487	51,811	1,318	0,282
Erreur	24	943,176	39,299		
Total	35	1 891,223			

% dommages Pythium à la récolte

<i>Source</i>	<i>d.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>M.C.</i>	<i>F</i>	<i>Prob (F)</i>
Bloc	3	113,811	37,937	1,499	0,240
Trt	8	208,910	26,114	1,032	0,440
Erreur	24	607,392	25,308		
Total	35	930,113			

Tolérance de la culture

Aucun symptôme de phytotoxicité n'a été observé pendant la durée de l'essai, donc aucune perte de rendement ou diminution de la qualité de la culture ne peut être attribuée directement à l'application des fongicides à l'essai.

Évaluation avant traitement

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour la densité des plants lors des évaluations du 7 et du 23 juillet ($p=0,344$ et $p=0,290$), ni pour le pourcentage de plants fanés ($p=0,847$ et $p=0,391$) (tableau 1). Lors de l'évaluation du 7 juillet, les traitements 4, 5 et 8 n'avaient toujours pas reçu l'élément d'essai, et le pourcentage de plants fanés est le même d'un traitement à l'autre. Nous croyons que les forts vents du 5 et 6 juillet ont pu endommager les plantules de carotte, ce qui expliquerait que le pourcentage soit similaire dans tout le site.

Évaluation de l'efficacité

Incidence de la maladie

Lorsque les dommages moyens des six dates d'évaluation sont pris en compte, il y a significativement ($p=0,003$) moins de carottes fourchues dans le traitement 2 (Presidio appliqué au semis) par rapport au témoin non traité (T1) et aux traitements 4 et 5 (Presidio appliqué seul en traitements foliaires) (figure 1). Par contre, aucune différence significative n'a été détectée entre les traitements pour chacune des dates d'évaluation analysées séparément (tableau 2). Pour les évaluations du 8 et du 16 septembre, la valeur de p obtenue par l'ANOVA était significative ($p=0,046$ et $p=0,045$) mais le test de comparaison multiple de Tukey n'a pas détecté de différence entre les traitements.

Tests identification PCR

Pour chacun des neuf échantillons prélevés le 23 septembre, les tests PCR se sont avérés négatifs pour les espèces *P. ultimum*, *P. sylvaticum*, *P. irregulare* et *P. violae* (tableau 4). *Pythium sulcatum* a quant à lui été retrouvé dans chacun des neuf échantillons. Le test par PCR quantitatif a ensuite permis de classer l'abondance relative de *P. sulcatum* retrouvé dans chacun des traitements (figure 2). Significativement plus d'ADN du champignon a été détectée dans les carottes provenant du T1 (témoin) et T2 (Presidio in-furrow), suivis de T3 (Presidio bande + foliaires) et T4 (Presidio foliaires, forte dose), T7 (V-10208) et T8 (Presidio + Ranman), T6 (Presidio + V-10208) et T9 (Ranman), et finalement T5 (Presidio foliaires, faible dose). Toutefois, les tests ont été faits sur des carottes symptomatiques seulement et ne permettent pas de faire un lien entre la quantité d'ADN détectée et le pourcentage de dommages.

Rendement

À la récolte, aucune différence significative entre les traitements n'a été détectée pour le rendement total ($p=0,801$) et le rendement commercialisable ($p=0,282$) en tonnes par hectare (tableau 3). De même, le pourcentage de carottes présentant des symptômes de dépérissement

pythien ne différait pas entre les traitements ($p=0,440$). Les dommages ont été divisés en trois catégories lors de l'évaluation finale (carottes courtes ou rabougries, carottes légèrement fourchues et carottes sévèrement fourchues). L'analyse individuelle de chaque catégorie n'a pas montré de différence entre les traitements et la majorité des carottes ont été classés dans la 3^e catégorie (sévérement fourchues), donc les données compilées sont présentées dans le tableau 3.

CONCLUSION

Cet essai n'a pu permettre de confirmer l'efficacité de Presidio pour lutter contre le dépérissement pythien dans la culture de la carotte en sol organique. Lorsque l'incidence moyenne observée pour toutes les dates d'évaluation est prise en compte, les analyses suggèrent que le Presidio appliqué au semis a permis de réduire le pourcentage de carottes fourchues par rapport au témoin non traité et au Presidio appliqué seul en traitements foliaires. Toutefois, à la récolte, le pourcentage de pertes reliées aux symptômes s'apparentant au dépérissement pythien est le même pour tous les traitements.

Comme il a été mentionné dans l'introduction, les symptômes causés par les différentes espèces de *Pythium* peuvent facilement être confondus avec ceux causés entre autres par la compaction du sol ou encore sa saturation en eau, ce qui rend ardue l'évaluation de l'efficacité d'un fongicide pour lutter contre ce type de maladie. Le printemps 2014 a été particulièrement pluvieux, et la quantité de pluie enregistrée (près de 50 mm) au lendemain du semis a peut-être contribué au développement de carottes fourchues dans l'ensemble du site.

Puisque l'objectif était d'identifier le ou les pathogènes responsables des dommages dans notre essai, seuls des échantillons de carottes présentant des symptômes de dépérissement pythien ont été recueillis pour l'analyse par PCR, ce qui apporte un biais dans les résultats de l'abondance relative de *P. sulcatum* pour chacun des traitements. À l'avenir, il serait judicieux de refaire les tests avec un échantillon aléatoire de carottes (asymptomatiques + symptomatiques) provenant de chaque parcelle afin de vérifier l'effet des différents traitements sur l'abondance du champignon. Aussi, afin de départager la proportion des carottes fourchues qui est associée à la présence de *Pythium spp* pour chaque traitement, il serait intéressant de faire les tests pour chacune des carottes individuellement. Ce genre d'expérimentation viendrait toutefois augmenter de façon considérable les coûts reliés à la réalisation de l'essai.

Finalement, l'utilisation éventuelle du Presidio ou du V-10208 pour prévenir les symptômes dus aux champignons du genre *Pythium* semble inoffensive pour la culture de la carotte, du moins dans les conditions de réalisation de l'essai, puisqu'aucun symptôme associé à l'application des produits n'a été noté durant l'essai.

Annexe 1 – Dispositif expérimental

								1m
	109 - T8		209 - T5		309 - T6		409 - T1	8m
								1m
	108 - T5		208 - T7		308 - T3		408 - T6	8m
								1m
	107 - T6		207 - T9		307 - T7		407 - T8	8m
								1m
	106 - T3		206 - T8		306 - T4		406 - T5	8m
								1m
	105 - T1		205 - T3		305 - T2		405 - T4	8m
								1m
	104 - T9		204 - T2		304 - T1		404 - T7	8m
								1m
	103 - T2		203 - T1		303 - T5		403 - T3	8m
								1m
	102 - T4		202 - T6		302 - T9		402 - T2	8m
								1m
	101 - T7		201 - T4		301 - T8		401 - T9	8m
								1m

4 buttes

Annexe 2 – Données météorologiques

JJUL	Mois	Jour	Tmin	Tmoy	Tmax	Préc.	H.R.
152	6	1	2,9	16,7	25,9	0,0	68,0
153	6	2	9,9	21,6	31,4	0,0	62,7
154	6	3	17,9	21,1	29,6	32,3	83,6
155	6	4	13,3	18,5	25,2	0,5	75,6
156	6	5	11,6	16,0	22,7	0,0	84,9
157	6	6	12,7	17,1	23,3	0,0	83,5
158	6	7	13,4	21,4	30,4	0,0	66,1
159	6	8	11,3	21,8	30,9	0,0	64,7
160	6	9	14,9	21,4	29,9	0,0	70,5
161	6	10	10,7	18,1	25,8	1,0	75,5
162	6	11	5,9	14,5	22,5	0,0	79,0
163	6	12	13,3	15,3	17,1	49,1	96,0
164	6	13	17,1	18,1	19,6	28,8	94,9
165	6	14	14,3	17,0	20,8	5,1	84,7
166	6	15	11,8	18,0	25,2	0,0	70,6
167	6	16	7,3	18,5	25,4	0,0	65,8
168	6	17	10,8	22,7	31,2	2,0	69,2
169	6	18	16,7	20,5	25,6	25,3	81,9
170	6	19	14,3	19,7	25,2	0,0	61,3
171	6	20	6,9	15,6	20,8	0,0	62,4
172	6	21	4,8	16,0	23,1	0,0	67,6
173	6	22	6,4	17,7	25,4	0,0	66,5
174	6	23	5,8	19,5	28,3	0,0	65,6
175	6	24	17,3	20,2	21,7	26,3	85,6
176	6	25	18,7	20,8	23,4	4,9	89,8
177	6	26	12,1	21,5	27,6	0,0	71,6
178	6	27	8,3	20,5	32,0	0,0	68,4
179	6	28	8,2	20,7	31,9	0,0	69,4
180	6	29	12,9	24,0	31,6	0,0	65,0
181	6	30	20,6	25,5	31,5	0,0	72,2
182	7	1	22,9	25,2	27,8	0,0	69,5
183	7	2	21,9	26,3	30,6	0,0	66,9
184	7	3	19,1	22,0	27,5	0,0	82,3
185	7	4	12,4	18,7	27,7	0,0	81,2
186	7	5	10,0	20,0	29,5	0,0	61,1
187	7	6	17,3	23,3	31,4	0,0	50,9
188	7	7	18,3	20,9	24,9	0,0	79,3
189	7	8	16,4	24,4	30,8	9,3	79,2

Essai AAFC12-014E-019

JJUL	Mois	Jour	Tmin	Tmoy	Tmax	Préc.	H.R.
190	7	9	13,4	21,3	25,4	0,0	70,3
191	7	10	10,5	18,2	23,9	3,5	72,0
192	7	11	6,7	18,2	27,0	3,0	72,5
193	7	12	8,8	20,4	28,8	0,0	72,3
194	7	13	18,7	21,6	23,9	19,7	87,9
195	7	14	16,2	21,0	25,2	18,5	74,7
196	7	15	14,4	19,8	23,6	7,8	88,4
197	7	16	16,2	20,3	24,9	0,2	77,3
198	7	17	12,2	17,9	23,6	0,0	77,4
199	7	18	13,3	19,7	26,8	0,0	70,9
200	7	19	9,0	19,8	27,9	0,0	73,0
201	7	20	15,3	22,5	28,4	0,0	67,3
202	7	21	17,9	23,4	31,3	0,0	69,6
203	7	22	14,2	24,0	32,5	0,0	72,6
204	7	23	19,4	22,6	26,6	11,9	81,8
205	7	24	10,8	18,3	24,0	0,0	68,5
206	7	25	11,7	20,2	27,3	0,0	66,6
207	7	26	12,3	20,8	29,4	0,0	70,3
208	7	27	17,2	20,8	28,9	15,7	87,3
209	7	28	14,7	16,6	19,1	3,6	98,2
210	7	29	10,7	16,4	23,1	8,6	83,1
211	7	30	7,6	17,1	26,6	0,2	82,1
212	7	31	11,3	17,4	23,7	0,5	88,0
213	8	1	11,1	19,6	29,5	0,0	79,9
214	8	2	12,7	19,7	31,2	0,7	88,2
215	8	3	11,9	21,7	31,6	0,0	78,9
216	8	4	14,8	22,5	30,9	0,2	78,5
217	8	5	12,0	19,9	27,2	0,0	82,7
218	8	6	11,1	19,6	27,2	0,0	73,3
219	8	7	13,6	17,9	25,2	1,2	86,3
220	8	8	10,6	19,7	28,6	0,0	75,3
221	8	9	12,8	20,9	30,3	0,0	72,0
222	8	10	12,2	21,7	31,5	0,0	71,3
223	8	11	10,2	21,1	31,6	0,0	73,5
224	8	12	15,2	21,6	27,8	0,5	73,1
225	8	13	17,4	19,2	20,8	40,8	92,2
226	8	14	11,0	15,0	21,4	0,7	83,5
227	8	15	11,2	14,5	20,2	0,5	88,1
228	8	16	13,2	15,8	18,7	10,6	91,3
229	8	17	14,4	17,6	23,3	1,0	86,3

Essai AAFC12-014E-019

JJUL	Mois	Jour	Tmin	Tmoy	Tmax	Préc.	H.R.
230	8	18	12,0	17,3	23,1	0,0	72,9
231	8	19	5,9	16,8	27,6	0,0	77,2
232	8	20	7,6	19,0	28,2	0,0	77,1
233	8	21	16,8	19,6	24,1	0,0	84,7
234	8	22	14,9	18,6	22,2	0,0	83,2
235	8	23	12,0	20,1	29,6	0,0	78,8
236	8	24	9,0	20,5	32,0	0,0	75,2
237	8	25	9,8	21,1	32,6	0,0	75,7
238	8	26	11,7	22,4	33,1	0,0	74,1
239	8	27	15,2	22,5	30,0	1,2	74,1
240	8	28	11,8	17,6	24,6	0,0	78,1
241	8	29	9,6	17,4	26,4	0,0	76,0
242	8	30	9,2	19,9	27,2	0,0	74,0
243	8	31	18,9	21,7	25,2	17,2	91,8
244	9	1	15,7	22,3	30,2	1,7	85,6
245	9	2	17,4	22,8	30,8	0,0	83,6
246	9	3	12,8	20,4	27,4	0,0	79,0
247	9	4	9,3	19,7	31,3	0,0	78,1
248	9	5	17,1	24,6	34,2	0,0	73,0
249	9	6	12,7	20,4	25,4	0,0	84,7
250	9	7	4,5	14,5	23,9	0,0	80,4
251	9	8	5,0	15,8	26,4	0,0	76,5
252	9	9	8,4	17,3	24,3	0,0	67,9
253	9	10	12,8	19,0	26,7	0,0	75,4
254	9	11	10,5	18,0	25,3	0,0	80,6
255	9	12	0,6	9,6	15,6	0,0	80,7
256	9	13	-0,7	7,0	12,1	0,0	97,9
257	9	14	-0,8	7,8	11,3	0,0	85,7
258	9	15	-1,6	8,7	20,3	0,0	85,1
259	9	16	5,0	13,4	20,5	0,0	82,7
260	9	17	1,1	12,4	22,2	0,0	76,5
261	9	18	5,3	10,6	16,6	3,0	78,4
262	9	19	-2,4	7,1	15,2	0,0	71,1
263	9	20	4,2	14,1	21,5	0,0	74,2
264	9	21	15,9	18,9	24,8	3,3	83,5
265	9	22	4,3	10,7	18,8	0,0	85,5
266	9	23	4,4	11,3	18,9	0,0	84,9
267	9	24	3,3	13,2	24,8	0,0	83,0
268	9	25	3,3	14,0	27,9	0,0	79,7
269	9	26	5,5	15,9	28,6	0,0	77,5

Essai AAFC12-014E-019

JJUL	Mois	Jour	Tmin	Tmoy	Tmax	Préc.	H.R.
270	9	27	11,9	19,8	29,9	0,0	72,0
271	9	28	7,3	17,9	29,6	0,0	75,9
272	9	29	8,1	15,8	25,3	0,0	76,4
273	9	30	6,3	12,9	24,6	0,0	83,0
274	10	1	5,7	11,5	18,1	0,0	89,6
275	10	2	2,9	12,6	24,0	0,0	81,4
276	10	3	4,1	15,3	24,3	0,0	71,2
277	10	4	10,0	13,5	16,0	14,4	87,3
278	10	5	2,2	10,2	17,9	0,5	79,3
279	10	6	2,4	10,6	16,8	0,0	74,8
280	10	7	5,2	14,5	21,6	0,2	75,1
281	10	8	9,3	13,2	19,4	15,7	82,3
282	10	9	4,0	7,9	14,4	2,7	81,0
283	10	10	-1,0	7,1	14,3	0,3	82,9
284	10	11	-1,8	5,9	14,6	0,0	88,8
285	10	12	-1,8	6,9	17,5	0,0	80,1