

# Validation et optimisation d'une méthode permettant de prévoir les rendements en fruits dans un champ de fraisiers à jours neutres

## Rapport final

Rapport présenté à :

Association des producteurs de fraises et  
framboises du Québec (APFFQ)

Projet IRDA # : 901 104  
(PAFRAPD # 13-C-342)

Rédigé par :

Paul Deschênes, agr., M.Sc.  
Carl Boivin, agr., M.Sc.

Avril 2016



L'IRDA a été constituée 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 aux changements climatiques (MDDELCC) et le Ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations (MEIE).



#### 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.

Pour en savoir plus

[www.irda.qc.ca](http://www.irda.qc.ca)

## Équipe de réalisation du projet

### Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Carl Boivin, agr., M.Sc.

Paul Deschênes, agr., M.Sc.

Jérémie Vallée, agr.

Stéphane Nadon, technicien agricole

### Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)

Direction régionale de la Capitale Nationale (DRCN)

Daniel Bergeron, agr., M.Sc.

Stéphanie Tellier, agr., M.Sc.

### Association des producteurs de fraises et framboises du Québec (APFFQ)

Yourianne Plante, Directrice générale

Caroline Thibault, Directrice générale (2014)

Jennifer Crawford, Agente de recherche et développement (2016)

Karen Potvin, Agente de recherche et développement (2015)

Jacob Hamel-Jollette, Agent de recherche et développement (2014)

### Entreprises participantes

Ferme Onésime Pouliot

Ferme François Gosselin

Damaco Produce

Ferme D & M Sauriol

Ferme Horticole Gagnon

Ferme Bourdages Tradition

Ferme Jocelyn Gadbois

Fraisebec

Fraisière Talfor

Les Productions Horticoles Demers

### **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

Télécopie : 418 644-6855

Courriel : [carl.boivin@irda.qc.ca](mailto:carl.boivin@irda.qc.ca)



## Faits saillants du projet

Les essais de prévisions de rendement ont été effectués chez dix entreprises agricoles spécialisées dans la production de fraises à jours neutres.

L'outil de prévision de rendement a été testé dans huit régions agricoles du Québec. L'applicabilité de l'outil semble être équivalente pour l'ensemble de ces régions.

Les prévisions ont été effectuées dans des conditions de production différentes (largeur de butte, densité de plantation, texture du sol, nombre de tubes de goutte à goutte par butte). Ces paramètres ne semblent pas avoir influencé la qualité des prévisions.

Les prévisions de rendement ont été réalisées dans un champ de fraisiers de la variété *Monterey* en 2014. Les résultats obtenus ne démontraient pas de différence comparativement à ceux obtenus avec la variété *Seascape*. Aucun producteur participant au projet n'a cultivé la variété *Monterey* en 2015.

Quatre sites ont fait l'objet d'un suivi détaillé par l'équipe de l'IRDA. Ces sites ont permis de recueillir les informations nécessaires à une modification de l'outil avec les conditions des saisons 2014 et 2015. Ces modifications ont permis de faire ressortir l'efficacité des prévisions produites grâce aux modèles optimiste et conservateur issus des saisons 2013 et 2012 respectivement.

En 2014, les prévisions conservatrices ont été plus efficaces pour décrire les rendements réels, pour huit entreprises sur dix. Les résultats de 2015 démontrent une efficacité équivalente des modèles. Cette différence s'explique par des rendements réels plus importants en 2015. Cette amélioration fait que les prévisions optimistes se rapprochent des rendements réels pour cette saison.

L'écart moyen entre les rendements prévus et réels était de l'ordre de 35 % (2015) et 40 % (2014), indiquant une meilleure efficacité des prévisions produites en 2015.

Tant en 2014 qu'en 2015, les écarts moyens ont été les plus faibles lors des périodes de productivité les plus importantes. Ainsi, les prévisions ont été à leur plein potentiel aux moments les plus cruciaux de la saison, soient aux pics de productivité.

La similitude décrivant les variations de rendement réel et prévu permet d'apprécier la justesse des prévisions pour une majorité des sites. Ces similitudes (2015) se décrivent par des coefficients de corrélation ( $r$ ) forts (0,53-0,97). Les prévisions ont permis de décrire les variations de rendement dans la saison, comme des pics de productivité, une stabilisation, une hausse ou une baisse des rendements.

Les prévisions générées dans ce projet ont été plus efficaces que les données historiques (saison antérieure à celle en cours) pour décrire les rendements réels.

Plusieurs points sont à considérer pour favoriser des prévisions performantes :

- Le rendement prévu est le rendement total, il inclut les fruits qui ne seront pas commercialisés. L'utilisateur de l'outil doit en être conscient;
- Le décompte des fruits verts doit commencer à un moment précis. Lorsque la suppression des inflorescences est terminée, le premier décompte doit être réalisé le lendemain;
- Les décomptes doivent être réalisés à chaque semaine et toujours le même jour de la semaine;
- Idéalement, le décompte doit toujours être effectué par la même personne, afin que l'identification des fruits verts soit constante;
- À partir de la mi-août, le nombre de jours entre une fleur nouvellement ouverte et un fruit mûr augmente pour la variété *Seascope*. Cette variation est importante et doit être considérée dans la réalisation des prévisions de rendement.
- L'efficacité des prévisions est réduite lorsque des facteurs externes affectent le développement des fraisiers, suivant le décompte des fruits verts. Les conditions climatiques défavorables (grêle, pluies abondantes, températures froides, etc.), les ravageurs et maladies, les animaux et les erreurs humaines risquent d'affecter négativement les prévisions.

Des résultats préliminaires de ce projet ont été présentés à plusieurs reprises :

- La chronique du conseiller, Les nouvelles fraîches, volume 4, numéro 1, février 2015;
- Rapport annuel 2013-2014, assemblée générale annuelle (AGA) APFFQ;
- Conférence, Carl Boivin (IRDA), RAP, Groupe de travail petits fruits, Drummondville, 18 février 2014;
- Conférence, Carl Boivin (IRDA), Journée d'information Petits fruits, Scott, 11 mars 2014;
- Conférence, Carl Boivin (IRDA), Journée petits fruits Laurentides, Saint-Eustache, 20 janvier 2016;
- Rapport annuel 2014-2015, AGA APFFQ;
- Conférence, Paul Deschênes (IRDA), AGA 2016 APFFQ, Victoriaville, 25 février 2016.

Les résultats finaux de ce projet seront présentés par l'IRDA aux sessions d'affiches du 8<sup>th</sup> International Strawberry Symposium, qui aura lieu à Québec au mois d'août 2016 (processus d'évaluation en cours).

Une vidéo explicative de l'outil de prévision des rendements, destiné aux producteurs de fraises et à leurs conseillers, est en cours de réalisation (avril et mai 2016), sous la responsabilité de l'APFFQ.

## Table des matières

Équipe de réalisation du projet .....	iii
Faits saillants du projet.....	v
Introduction.....	4
Objectif général .....	5
Objectifs spécifiques.....	5
Méthodologie .....	6
Sites expérimentaux, matériel végétal et régie de culture .....	6
Collecte des données météorologiques .....	7
Caractérisation physique du sol .....	7
Caractérisation hebdomadaire des fraisiers et récolte des fruits .....	8
Production des prévisions de rendement .....	9
Résultats et discussion en fonction des objectifs.....	10
Formuler des prévisions de rendement, hebdomadairement, pour 25 sites couvrant l'ensemble de la saison .....	10
Mesurer la précision des prévisions .....	10
Acquérir de nouvelles connaissances.....	21
Optimiser la méthodologie actuelle .....	22
Développer un outil de prévision performant et facile d'utilisation .....	24
Conclusion .....	26
Références.....	27
Annexe A. Prévisions de rendement comparées au rendement réel .....	28
Annexe B. Conditions climatiques .....	40

## Liste des figures

Figure 1. Parcelle du suivi 1 sous un filet rigide. ....	9
Figure 2. Écart moyen (%) entre les rendements prévus et réels pour chacune des périodes pour les saisons 2014 et 2015.....	14
Figure 3. Site 3 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013). ....	15
Figure 4. Site 8 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013). ....	16
Figure 5. Site 11 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013). ....	16
Figure 6. Site 12 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013). ....	17
Figure 7. Site 13 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014). ....	17
Figure 8. Site 17 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014). ....	18
Figure 9. Site 20 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014). ....	18
Figure 10. Site 23 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014). ....	19
Figure 11. Identification du pic de production en fraises et reproduction de la variation de rendement grâce aux prévisions (site 11, 2014). ....	20
Figure 12. Identification du pic de production en fraises et reproduction de la variation de rendement grâce aux prévisions (site 21, 2015). ....	20
Figure 13. Identification du pic de production en fraises et reproduction de la variation de rendement grâce aux prévisions (site 2, 2014). ....	21
Figure 14. Site 1 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	28
Figure 15. Site 2 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	28
Figure 16. Site 3 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	29
Figure 17. Site 4 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	29
Figure 18. Site 5 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	30
Figure 19. Site 6 (Suivi 2) 2014: Prévisions (kg/ha) hebdomadaires. ....	30
Figure 20. Site 8 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	31
Figure 21. Site 9 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires (Monterey).....	31
Figure 22. Site 10 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	32
Figure 23. Site 11 (Suivi 1) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	32
Figure 24. Site 12 (Suivi 1) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	33
Figure 25. Site 13 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	33
Figure 26. Site 14 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	34
Figure 27. Site 15 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	34
Figure 28. Site 16 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	35
Figure 29. Site 17 (Suivi 1) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	35
Figure 30. Site 18 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	36
Figure 31. Site 19 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	36
Figure 32. Site 20 (Suivi 1) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	37
Figure 33. Site 21 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	37
Figure 34. Site 22 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	38
Figure 35. Site 23 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	38

Figure 36. Site 24(Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires. ....	39
Figure 37. Site 25 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.....	39
Figure 38. Conditions climatiques 2014 : Damaco Produce.....	40
Figure 39. Conditions climatiques 2015 : Damaco Produce.....	40
Figure 40. Conditions climatiques 2014 : Ferme D & M Sauriol.....	41
Figure 41. Conditions climatiques 2015 : Ferme Jocelyn Gadbois .....	41
Figure 42. Conditions climatiques 2014 : Ferme François Gosselin .....	42
Figure 43. Conditions climatiques 2015 : Ferme François Gosselin .....	42
Figure 44. Conditions climatiques 2014 : Ferme Horticole Gagnon.....	43
Figure 45. Conditions climatiques 2015 : Ferme Horticole Gagnon.....	43
Figure 46. Conditions climatiques 2014 : Ferme Onésime Pouliot .....	44
Figure 47. Conditions climatiques 2015 : Ferme Onésime Pouliot .....	44
Figure 48. Conditions climatiques 2014 : Ferme Bourdages Tradition .....	45
Figure 49. Conditions climatiques 2015 : Ferme Bourdages Tradition <sup>4</sup> .....	45
Figure 50. Conditions climatiques 2014 : Fraisebec.....	46
Figure 51. Conditions climatiques 2015 : Fraisebec.....	46
Figure 52. Conditions climatiques 2014 : Fraisière Talfor .....	47
Figure 53. Conditions climatiques 2015 : Fraisière Talfor .....	47
Figure 54. Conditions climatiques 2014 : Les Productions Horticoles Demers.....	48
Figure 55. Conditions climatiques 2015 : Les Productions Horticoles Demers.....	48

## Liste des tableaux

Tableau 1. Localisation des entreprises participantes. ....	6
Tableau 2. Caractéristiques des sites à l'étude. ....	7
Tableau 3. Erreur quadratique moyenne (EQM), écart moyen (%) et coefficient de corrélation (r) pour les sites à l'étude des saisons 2014 et 2015 en fonction du modèle prévisionnel optimiste et conservateur. ....	12
Tableau 4. Écarts moyens entre les rendements réels (2014) face aux données historiques (2013) et aux prévisions générées par l'outil.....	14
Tableau 5. Écarts moyens entre les rendements réels (2015) face aux données historiques (2014) et aux prévisions générées par l'outil.....	15
Tableau 6. Variation du nombre de jours entre une fleur nouvellement ouverte et un fruit mûr par période de la saison. ....	23
Tableau 7. Équations des saisons 2014 et 2015 issues des sites avec suivi 1. ....	24

## Introduction

Les principales chaînes de distribution alimentaire présentes sur le marché québécois (Métro, Loblaw et Sobeys) s'approvisionnent en fraises principalement des États-Unis et du Mexique, mais durant la saison estivale, elles favorisent les fraises produites au Québec. Toutefois, la mise en marché des fraises québécoises demeure difficile, car les producteurs doivent garantir, hebdomadairement, le volume de fruits qui sera récolté trois semaines plus tard. Ce délai correspond à la période minimale nécessaire à la préparation des circulaires. Ainsi, les producteurs communiquent avec les chaînes pour conclure des ententes sur des volumes de fruits hypothétiques, basés sur les rendements des années antérieures, qui déterminent le prix de vente des fruits. Sommairement, si les volumes prévus sont très élevés, le prix de la boîte (unité de vente) aura tendance à baisser et inversement, si les volumes prévus sont faibles, le prix de vente de la boîte aura tendance à augmenter. Normalement, la loi de l'offre et la demande devrait suffire pour ajuster le prix de vente advenant un déséquilibre par rapport à l'offre, mais comme le prix est fixé à l'avance, elle ne peut pas rééquilibrer le marché.

Par exemple, à l'été 2010 le pic de production a eu lieu deux semaines plus tôt que la saison précédente. Cela a provoqué un surplus de fruits sur le marché et causé des ruptures de stock au moment où le pic de production avait été prévu, soit deux semaines plus tard. Pour écouler ce gros volume de fruits prévu (pic), une promotion avait été planifiée dans les trois chaînes de distribution. Cependant, les volumes promis n'étaient pas au rendez-vous. Par conséquent, les chaînes ont dû importer des fruits des États-Unis pour « alimenter » une promotion des fraises du Québec (source: communication personnelle, membre APFFQ, 2011). Cette situation affecte la compétitivité des producteurs québécois et l'efficacité de toute la chaîne de distribution.

De plus, ces volumes excédentaires seront écoulés dans d'autres marchés et cette situation provoquera la chute des prix dans ces derniers, qui sont habituellement occupés par d'autres producteurs. Au final, c'est tout le secteur qui s'affaiblit. De plus, prévoir efficacement les volumes qui seront produits permettrait une meilleure utilisation des ressources humaines. En effet, cela permettrait d'améliorer la planification relative aux besoins en main-d'œuvre et de sa gestion qui représente plus de 40 % des coûts de production dans la fraise à jours neutres. Pour l'instant, la fraise du Québec, réclamée par le consommateur québécois, est présente plusieurs mois dans les supermarchés. Cependant, la pression des grandes chaînes est de plus en plus forte pour en améliorer la mise en marché. Cette situation est d'autant plus difficile pour une culture où une quarantaine de récoltes sont nécessaires tout au long d'une saison.

Plusieurs modèles prévisionnels de rendement pour la fraise à jours neutres existent (Døving, 2004; López et coll. 2014; MacKenzie et Chandler, 2009; Le Mière et coll. 1997; Bartczak et coll. 2013), mais très peu proposent des prévisions précises de manière hebdomadaire, et ce, trois

semaines à l'avance. De plus, la majorité de ces modèles doivent inclure des conditions climatiques dans leurs prévisions, ce qui peut nuire à l'applicabilité de ces derniers auprès des producteurs, tout en considérant que la fiabilité des prévisions climatiques est très faible pour une période de trois semaines.

Une équipe de l'IRDA en collaboration avec le MAPAQ et deux entreprises situées à l'île d'Orléans a mis sur pied, au cours des années 2011 à 2013, une méthode prometteuse pour établir de telles prévisions avec la variété *Seascope* (Boivin et coll., 2013). La méthodologie devait cependant être validée à plus grande échelle et optimisée pour être performante dans diverses conditions de climat, de sol, de régie et aussi pour vérifier son potentiel d'utilisation avec une variété, la *Monterey*.

### **Objectif général**

Le projet visait à améliorer la rentabilité et la capacité concurrentielle du secteur de la fraise en améliorant la mise en marché des fraises par l'optimisation d'une méthode de prévision des volumes de fruits qui seront récoltés. Cette optimisation a été réalisée en validant la transférabilité de l'outil, issu de la méthode développée, dans diverses conditions (climat, sol, régie et variété).

### **Objectifs spécifiques :**

- Formuler des prévisions de rendement, hebdomadairement, pour 25 sites couvrant l'ensemble de la saison avec cet outil ;
- Mesurer la précision des prévisions ;
- Acquérir de nouvelles connaissances ;
- Optimiser la méthodologie issue du projet précédent ;
- Développer un outil de prévision performant et facile d'utilisation.

# Méthodologie

## Sites expérimentaux, matériel végétal et régie de culture

Les sites expérimentaux ont été implantés chez dix entreprises spécialisées dans la production commerciale de fraises à jours neutres. Ces entreprises sont localisées dans plusieurs régions du Québec (Capitale-Nationale, Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches, Gaspésie, Mauricie, Montérégie-Est, Laurentides et Laval). Chacun des sites a été implanté dans un champ distinct. Pour les 2 saisons du projet, un total de 25 sites a été étudié. L'emplacement des différentes entreprises qui ont participé au projet est présenté dans le tableau 1.

Tous les sites 2014 et 2015 étaient implantés avec la variété *Seascape*, hormis un site avec la variété *Monterey* pour la saison 2014. Les fraisiers étaient cultivés sur un sol butté dont la surface était recouverte de paillis de polyéthylène noir. L'apport en eau par l'irrigation était effectué via un système par goutte à goutte. La régie de culture était celle de l'entreprise et sous sa responsabilité. Cette régie impliquait d'ailleurs la suppression des inflorescences en début de saison afin de favoriser la reprise et la vigueur des fraisiers. La régie de production était différente à plusieurs niveaux entre les entreprises (densité de plantation, largeur de butte, nombre de rangs de fraisiers par butte, nombre et positionnement de tube de goutte à goutte, régie d'irrigation, de fertilisation et phytosanitaire, calibre des plants). Ces différents paramètres sont présentés dans le tableau 2.

**Tableau 1. Localisation des entreprises participantes.**

Entreprises	Localisation			
	Municipalité	Région du Québec	Coordonnées géographiques	
			Latitude (N)	Longitude (O)
Ferme François Gosselin	St-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	Capitale-Nationale	46°51'19.4"	71°05'55.1"
Ferme Onésime Pouliot	St-Jean-de-l'Île-d'Orléans	Capitale-Nationale	46°56'10.6"	70°54'42.9"
Fraisière Talfor	Plessisville	Centre-du-Québec	46°12'57.8"	71°45'58.9"
Productions Horticoles Demers	St-Nicolas	Chaudière-Appalaches	46°42'10.9"	71°19'24.7"
Ferme Bourdages Tradition	St-Siméon-de-Bonaventure	Gaspésie	48°04'37.5"	65°35'32.8"
Fraisebec	Ste-Anne-des-Plaines	Laurentides	45°43'33.9"	73°46'58.7"
Ferme D & M Sauriol	Laval	Laval	45°40'45.4"	73°42'12.6"
Ferme Horticole Gagnon	Trois-Rivières	Mauricie	46°18'39.6"	72°38'01.6"
Ferme Gadbois	St-Barnabé Sud	Montérégie-Est	45°42'06.8"	72°57'52.2"
Damaco Produce	St-Paul-d'Abbotsford	Montérégie-Est	45°23'55.4"	72°50'49.6"

**Tableau 2. Caractéristiques des sites à l'étude.**

Saison	Site	Texture	Densité (plants/ha)	Type de plantation*	Particularité
2014	1	Loam sableux	48 000	1	Oïdium
	2	Sable	58 380	2	
	3	Loam argileux	54 362	1	
	4	Sable loameux	37 000	1	Grêle
	5	Loam sableux	57 890	1	
	6	Sable loameux	52 000	3	
	7	Loam sableux fin	54 000	1	Monterey
	8	Loam limono-argileux	54 800	1	
	9	Loam sableux	57 890	1	
	10	Loam sableux	44 480	1	
	11	Loam argileux	54 362	1	
	12	Loam limono-argileux	54 800	1	
2015	13	Loam argileux	55 465	1	Problème d'enracinement
	14	Loam sablo-argileux	47 000	1	
	15	Sable loameux	37 000	1	
	16	Sable	58 380	2	Punaises ternes
	17	Loam sableux	55 465	1	
	18	Loam	45 300	1	Nématodes
	19	Loam	44 000	1	
	20	Loam argileux	54 800	1	
	21	Loam sablo-argileux	57 890	1	
	22	Loam sablo-argileux	57 890	1	
	23	Loam sablo-argileux	54 800	1	
	24	Loam sablo-argileux	39 500	1	
	25	Sable	46 022	3	

\*1. Butte avec deux rangs de fraisiers et un tube goutte à goutte (gg) au centre, 2.butte avec quatre rangs de fraisiers équidistants, un premier tube de gg entre les rangs 1 et 2 et un second tube de gg entre les rangs 3 et 4, 3. butte avec quatre rangs de fraisiers avec un espacement plus important entre les rangs du centre que celui entre les rangs 1-2 et 3-4, un tube de gg présent entre les rangs 1-2 et 3-4.

### Collecte des données météorologiques

La pluviométrie et la température ont été mesurées sur chacun des sites (à l'exception de ceux en Gaspésie) avec un pluviomètre HOBO modèle RG3-M (Onset Computer Corporation, Bourne, MA). Ces données sont présentées à l'annexe B.

### Caractérisation physique du sol

Au cours de la saison de production, un échantillon de sol par site a été prélevé dans la strate 0-30 cm (à l'exception de ceux en Gaspésie), afin d'identifier la texture. Ces résultats sont présentés dans le tableau 2.

## **Caractérisation hebdomadaire des fraisiers et récolte des fruits**

Deux types de suivi ont été effectués afin de produire les prévisions de rendement. Le premier (Suivi 1) a été réalisé sur quatre sites et a été sous la responsabilité de l'équipe de l'IRDA. Ce suivi a été effectué avec 5 parcelles de 12 fraisiers sur un même site et a commencé dès la fin de la suppression des inflorescences. Une fois par semaine, un décompte des fruits verts a été effectué sur ces plants. De plus, la récolte des fruits mûrs a été effectuée deux fois par semaine aux mêmes jours. Chaque fruit a été pesé et classé individuellement comme vendable (six grammes et plus sans déformation d'origine biotique ou abiotique) ou rejet. Un filet rigide a été déposé sur chacune des cinq parcelles afin d'éviter les pertes de fruits occasionnées par une récolte accidentelle des employés de la ferme (clôture à chevreuil en polypropylène noir avec maille de 4,5 x 5 cm) (figure 1).

Le second suivi (Suivi 2) a été effectué pour les autres sites et a commencé également dès la fin de la suppression des inflorescences. Ce dernier consistait à compter le nombre de fruits verts sur 60 plants choisis aléatoirement. Ce décompte a été effectué normalement le même jour de chaque semaine et était sous la responsabilité de l'entreprise (13 champs) ou de l'équipe de l'IRDA (8 champs). Les 60 plants ont été choisis aléatoirement à chacun des décomptes.

Les prévisions de rendements étaient réalisées grâce à des décomptes de fruits verts sur 60 fraisiers pour chacun des sites. L'identification adéquate d'un fruit vert était donc primordiale pour assurer une précision maximale des résultats. Un fruit vert était considéré comme un fruit défraîchi, ayant perdu au moins un pétale, jusqu'à un fruit qui présentait une coloration qui ne permet pas sa récolte.



Figure 1. Parcelle du suivi 1 sous un filet rigide.

### **Production des prévisions de rendement**

Les valeurs des décomptes hebdomadaires de fruits verts étaient introduites dans un système d'équations, obtenues suite à un projet antérieur (Boivin, Deschênes et Bergeron, 2013). Des résultats de prévisions de rendements totaux, qualifiés de conservateurs et d'optimistes, étaient obtenus et correspondaient aux rendements obtenus trois semaines plus tard. Ces derniers pouvaient ensuite être comparés aux rendements réels des entreprises, qui devaient inclure les volumes de fruits rejetés.

## Résultats et discussion en fonction des objectifs

### Formuler des prévisions de rendement, hebdomadairement, pour 25 sites couvrant l'ensemble de la saison

Les prévisions de rendement ont été produites et transmises aux entreprises participantes une fois par semaine. Le nombre de semaines où des prévisions ont été produites a différé entre les sites et se situait entre 11 et 15 pour la saison 2014 et entre 9 et 16 pour la saison 2015. Ceci s'explique par le fait que la date de la fin des suppressions des inflorescences était différente entre les entreprises. Cette date signifiait le début de production des prévisions. De plus, les dernières prévisions des deux saisons ont été produites entre le début et le milieu du mois de septembre pour toutes les entreprises. Des prévisions produites dans les semaines suivantes n'auraient correspondu à aucune valeur de rendement, les récoltes étant terminées. Pour certains sites, les prévisions ont cessé d'être produites en raison de l'abandon du champ par le producteur, à cause de problèmes de ravageurs ou de maladies.

Pour l'ensemble des entreprises participantes, la transmission des valeurs de décomptes des fruits verts a été bien effectuée. Cependant, les pertes (écart entre le rendement total et réel) n'ont pas pu être évaluées, pour une portion ou la totalité des récoltes, par trois entreprises en 2014 et en 2015, limitant l'analyse des données à des comparaisons entre des prévisions de rendement total à un rendement vendable réel. L'efficacité de la méthode développée est directement reliée à la qualité des données transmises par les entreprises participantes et celles-ci incluent les volumes des fruits mûrs non commercialisés. Deux entreprises transmettaient leurs valeurs de rendement exprimées en volume (Master : 8 paniers de 1,5 litre). Afin de convertir ces données en kg/ha, un poids moyen de 707 g par panier a été utilisé. L'expression des rendements par unité de poids est plus appropriée, car la quantité réelle de fruits récoltés est plus précise. Une entreprise a été contactée tardivement en 2014, faisant en sorte que les décomptes de fruits verts ont commencé plusieurs jours suivant la suppression des inflorescences. Enfin, une entreprise sélectionnée n'a pas été en mesure de participer à l'étude pour les saisons 2014 et 2015. Une nouvelle entreprise a donc été invitée à participer au projet pour la saison 2015. Sur total de 25 sites, des données utilisables ont été recueillies pour 22 d'entre eux. Malgré tout, l'ensemble des entreprises qui ont participé au projet a démontré un grand intérêt pour ce dernier.

### Mesurer la précision des prévisions

Deux types de prévisions ont été générées : optimiste et conservatrice, la première produisant nécessairement des rendements plus importants que la seconde. Les comparaisons graphiques entre les prévisions et les rendements<sup>1</sup> sont présentées à l'annexe A. Pour tous les sites à

---

<sup>1</sup> Les rendements ne sont pas chiffrés afin de conserver la confidentialité des informations des entreprises concernées.

l'étude lors des deux saisons du projet, chacune des prévisions a été comparée au rendement réel obtenu par le producteur pour la période correspondante. Pour analyser ces comparaisons, trois mesures ont été effectuées : l'erreur quadratique moyenne (EQM), l'écart moyen et le coefficient de corrélation (r). De ces trois dernières, le r a été celui qui révèle la plus grande importance dans le cadre de ce projet. Effectivement, comme il sera décrit plus loin dans cette section, le r permet d'évaluer l'efficacité des prévisions à décrire les variations de rendement dans la saison, comme des pics de productivité, une stabilisation, une hausse ou une baisse des rendements. La capacité à décrire ces variations, malgré un possible écart moyen non négligeable entre les valeurs de rendement prévu et réel, a permis de cibler trois semaines à l'avance les périodes d'augmentation de productivité. Cette capacité de l'outil de prévision a permis ainsi de répondre à un objectif principal du projet, soit fournir au secteur un outil performant qui peut être utilisé pour améliorer la mise en marché des fraises.

Afin d'évaluer lequel des modèles prévisionnels (optimiste ou conservateur) était le plus représentatif des rendements réels, l'EQM a ainsi été mesurée. Cette dernière se calcule par l'équation suivante :

$$EQM = \sqrt{\left(\sum (a - b)^2\right) / n}$$

où a et b sont respectivement le rendement prévu et le rendement réel pour chaque prévision et où n est le nombre de prévisions. L'écart moyen (%) entre les valeurs prévues et réelles a également été calculé afin d'apprécier facilement le degré de similitude entre ces dernières. Un coefficient de corrélation (r) a aussi été calculé pour décrire le pourcentage de variation des rendements réels expliqué par les prévisions optimistes et conservatrices. Pour apprécier ces écarts, le lecteur est invité à consulter les figures de l'annexe A présentant la comparaison entre les prévisions et les rendements pour chaque site. Les valeurs de l'EQM, de l'écart moyen et du coefficient de corrélation sont présentées au tableau 3.

**Tableau 3. Erreur quadratique moyenne (EQM), écart moyen (%) et coefficient de corrélation (r) pour les sites à l'étude des saisons 2014 et 2015 en fonction du modèle prévisionnel optimiste et conservateur.**

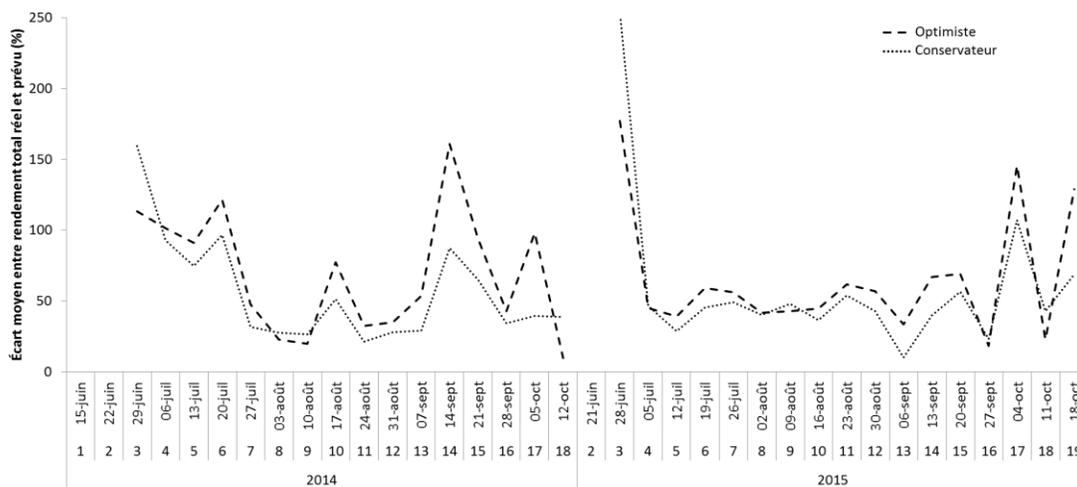
Saison	Site	Suivi	EQM optimiste	EQM conservateur	Écart moyen (%) optimiste	Écart moyen (%) conservateur	r optimiste	r conservateur
2014	1	2	1109	829	113	86	0,57	0,62
	2	2	1226	770	127	84	0,75	0,78
	3	2	535	782	21	24	0,91	0,89
	4	2	696	616	71	61	0,34	0,32
	5	2	1130	872	65	51	0,43	0,52
	6*	2						
	7*	2						
	8	2	1300	1152	46	29	0,77	0,76
	9	2	1171	1474	75	73	0,74	0,77
	10	2	1953	1317	110	79	0,33	0,36
	11	1	1330	1276	37	49	0,79	0,80
	12	1	952	871	28	33	0,91	0,92
2015	13	2	829	1105	33	37	0,89	0,91
	14	2	1120	847	166	124	0,85	0,87
	15	2	539	556	36	32	0,62	0,53
	16	2	1090	1277	44	39	0,71	0,74
	17	1	1618	2317	24	35	0,91	0,90
	18	2	590	394	29	23	0,97	0,96
	19	2	995	692	46	32	0,72	0,77
	20	1	984	1057	51	43	0,77	0,71
	21	2	1092	686	60	44	0,93	0,96
	22	2	1364	1399	54	39	0,85	0,88
	23	2	591	743	28	35	0,92	0,88
	24	2	722	406	36	58	0,88	0,90
	25	2	1574	1423	66	54	0,74	0,68

\* Données manquantes.

Afin de déterminer quel modèle prévisionnel, optimiste ou conservateur, décrit le plus fidèlement les rendements réels, les résultats de l'EQM doivent être les plus faibles. Pour la saison 2014, les prévisions conservatrices ont été majoritairement plus efficaces pour décrire les rendements totaux réels, à raison de 8 résultats sur 10. Les résultats observés lors de la saison 2015 laissent paraître une efficacité équivalente, comparativement à la saison 2014, entre les deux modèles prévisionnels. Cette différence peut s'expliquer par des rendements réels plus importants observés en 2015 sur la majorité des sites. Cette amélioration fait en sorte que les prévisions optimistes se rapprochent davantage des rendements réels pour cette saison.

Les écarts moyens pour les saisons 2014 et 2015 ont fortement varié entre les différents sites. Effectivement, ils se situent entre 21 et 127 % pour 2014 et entre 23 et 166 % pour 2015. La valeur de 166 % fait référence à un site où les rendements ont été grandement affectés par un enracinement insuffisant ainsi que par une forte pression de mauvaises herbes. Outre cette valeur extrême, les écarts moyens ont été moindres pour la saison 2015, indiquant une efficacité supérieure des prévisions pour cette dernière. Les variations les plus faibles, en 2014, ont été observées pour les sites 3, 8, 11 et 12, correspondant aux valeurs respectives de 21, 29, 37 et 28 % (modèle optimiste sauf pour le site 8). Des faibles variations ont été observées dans un plus grand nombre de sites en 2015. Effectivement, des variations supérieures à 40 %, pour les 2 modèles prévisionnels, ont été observées uniquement dans 4 des 13 sites en 2015 (14, 20, 21 et 25). Cette situation correspond à 31 % des sites pour la saison 2015 comparativement à 60 % pour 2014.

Pour les saisons 2014 et 2015 respectivement, 18 et 19 périodes comparant les rendements aux prévisions ont pu être établies. Pour chacune de ces périodes, l'écart moyen entre les rendements et les prévisions, pour l'ensemble des sites, peut être observé à la figure 2. Les écarts ont démontré une tendance supérieure lors des premières récoltes pour les deux saisons. Cette observation a pu être expliquée par des valeurs de rendements prévus trop importantes comparativement aux valeurs réelles. Dans le même ordre d'idée, pour quelques sites, la première prévision de rendement a été confrontée à une absence de récolte trois semaines plus tard. Pour la saison 2014, les écarts étaient importants jusqu'au 20 juillet (de l'ordre de 90 à 170 %), pour ensuite diminuer drastiquement (20 à 40 %). Les écarts moyens augmentaient par la suite progressivement jusqu'au 14 septembre (100 à 180 %), pour diminuer de nouveau jusqu'aux dernières récoltes (40 à 110 %). Pour le début de la saison 2015, les écarts étaient plus importants aux 21 et 28 juin. Ensuite, pour trois mois (5 juillet au début octobre), l'efficacité des prévisions était maintenue ou améliorée. Cette efficacité était également présente vers la mi-octobre. Comme en 2014, les écarts tendaient à être plus élevés pour les dernières récoltes. L'aspect le plus important remarqué, tant en 2014 qu'en 2015, a été que les écarts moyens ont été les plus faibles lors des périodes de productivité les plus importantes. Ainsi, les prévisions ont été à leur plein potentiel aux moments les plus cruciaux de la saison, soient aux pics de productivité. Les tendances et valeurs décrites précédemment restaient les mêmes malgré le retrait des valeurs correspondantes aux sites où des problématiques de maladies, de ravageurs et d'implantation ont été observées (données non présentées).



**Figure 2. Écart moyen (%) entre les rendements prévus et réels pour chacune des périodes pour les saisons 2014 et 2015.**

Pour vérifier l'efficacité des prévisions, ces dernières ont été comparées aux rendements de l'année précédente, soit 2014 pour la saison 2015 et 2013 pour la saison 2014. Ces observations ont été faites avec les sites du suivi 1 (11, 12, 17, 20) et ceux du suivi 2 (3, 8, 13, 23) dont les informations permettaient cette démarche (tableaux 4 et 5). Les prévisions effectuées en 2014, tant optimistes que conservatrices, ont démontré des écarts moyens plus faibles, comparativement aux données historiques de 2013. Lors de la saison 2015, les prévisions se sont encore distinguées des données historiques, mais de manière moins marquée. Toutefois, les prévisions ont démontré des écarts moyens moindres que les données historiques pour les sites 13 et 17 et la prévision conservatrice du site 23 a permis d'illustrer un écart moyen presque nul face aux rendements réel. Malgré les résultats obtenus au site 20, les prévisions optimistes ont réussi à produire des valeurs très similaires au rendement réel pour le pic de production. Les comparaisons entre les rendements réels, prévus et historiques se trouvent aux figures 3 à 10. Pour la majorité des sites, les courbes des prévisions, comparativement à celle des données historiques, s'apparentent plus à celle du rendement réel.

**Tableau 4. Écarts moyens entre les rendements réels (2014) face aux données historiques (2013) et aux prévisions générées par l'outil.**

Sites	Écarts moyens (%)		
	Historique 2013	Prévisions optimistes	Prévisions conservatrices
3	39	15	18
8	76	45	26
11	51	37	49
12	55	28	34

Tableau 5. Écarts moyens entre les rendements réels (2015) face aux données historiques (2014) et aux prévisions générées par l'outil.

Sites	Écarts moyens (%)		
	Historique 2014	Prévisions optimistes	Prévisions conservatrices
13	26	18	25
17	36	25	34
20	12	43	18
23	5	25	1

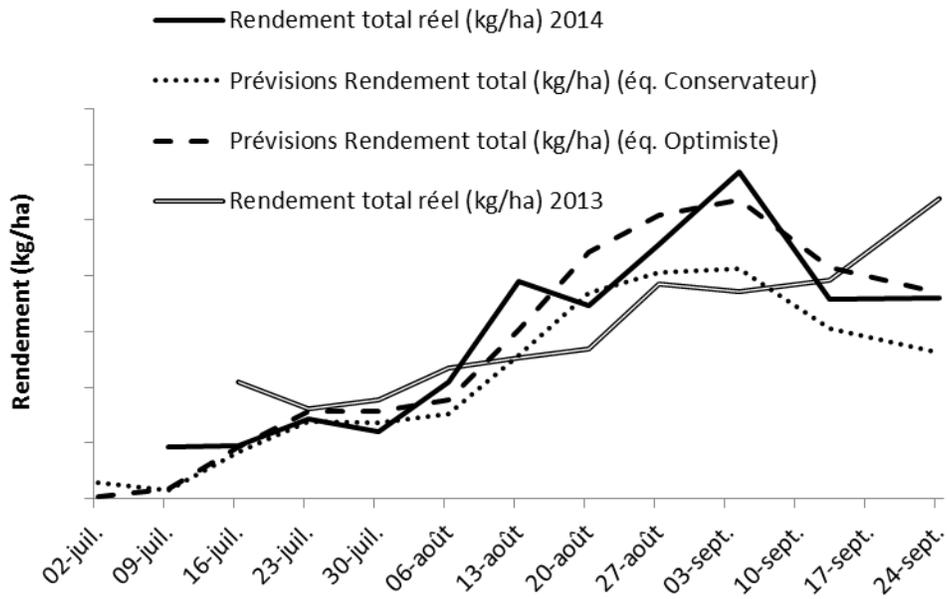


Figure 3. Site 3 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013).

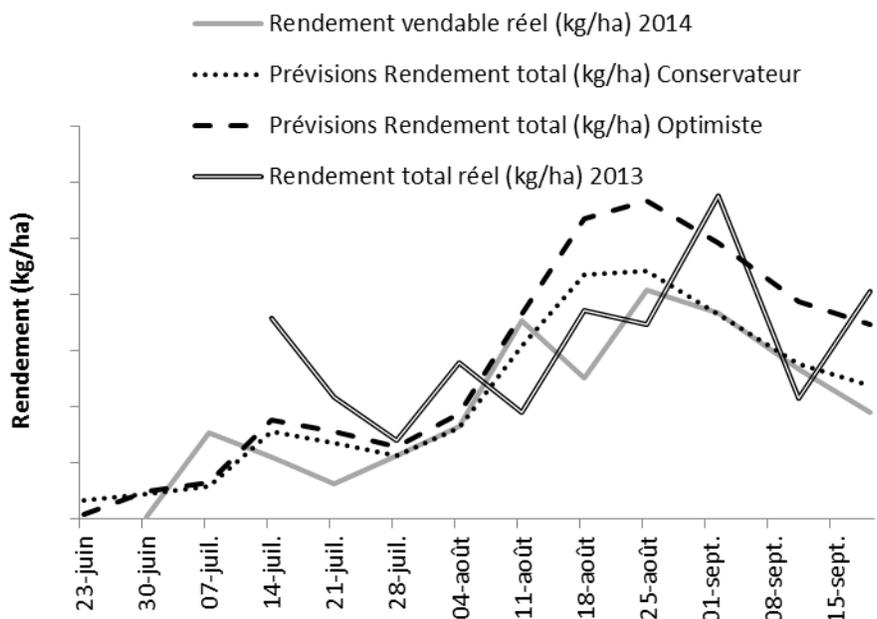


Figure 4. Site 8 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013).

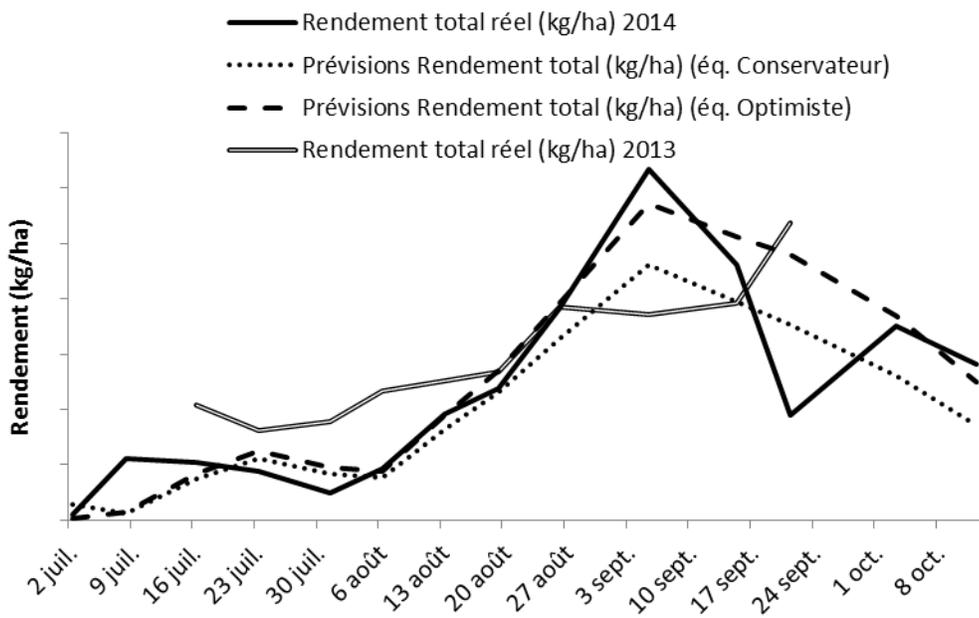


Figure 5. Site 11 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013).

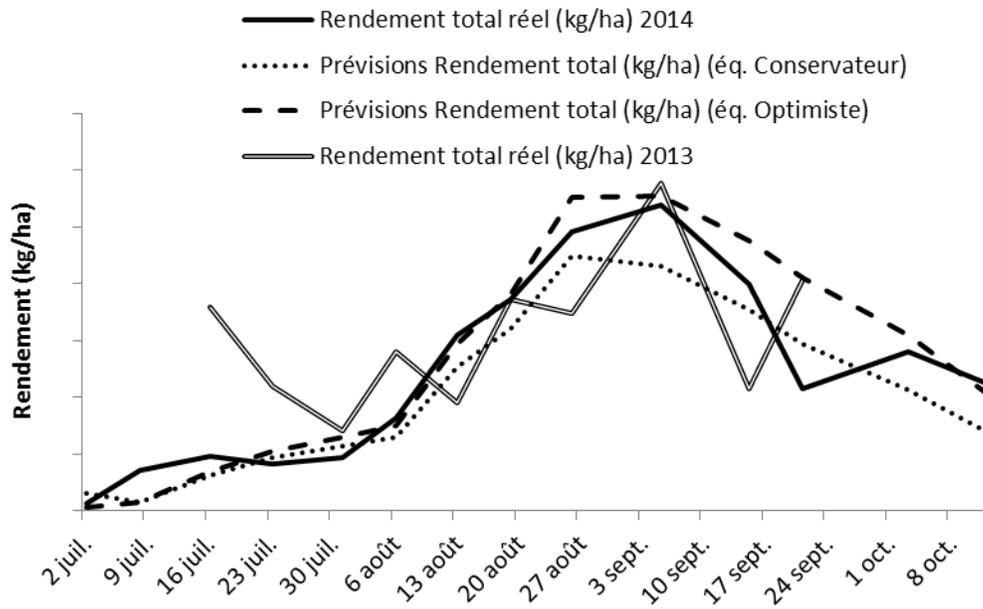


Figure 6. Site 12 (2014), comparaison des prévisions et des données historiques (2013).

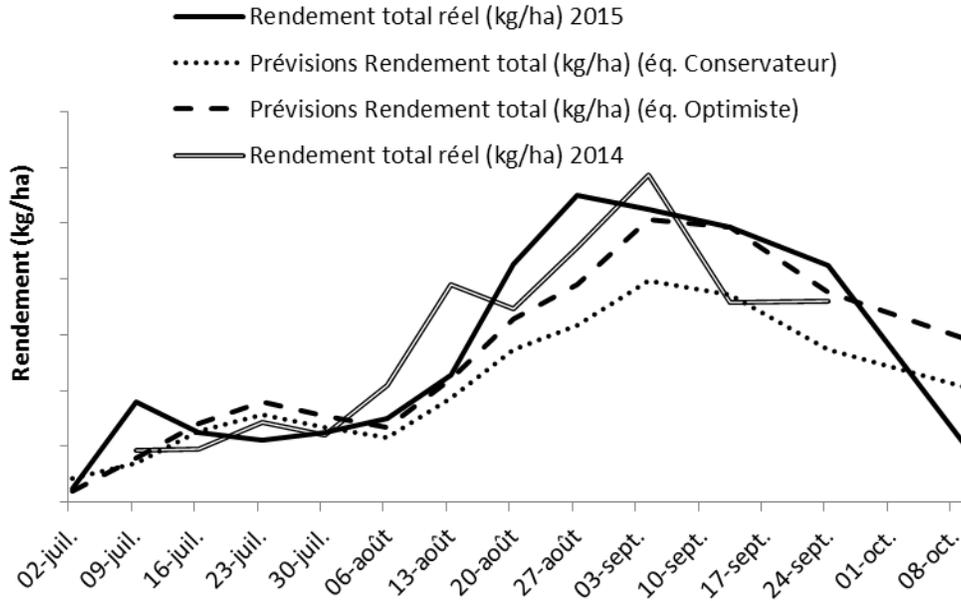


Figure 7. Site 13 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014).

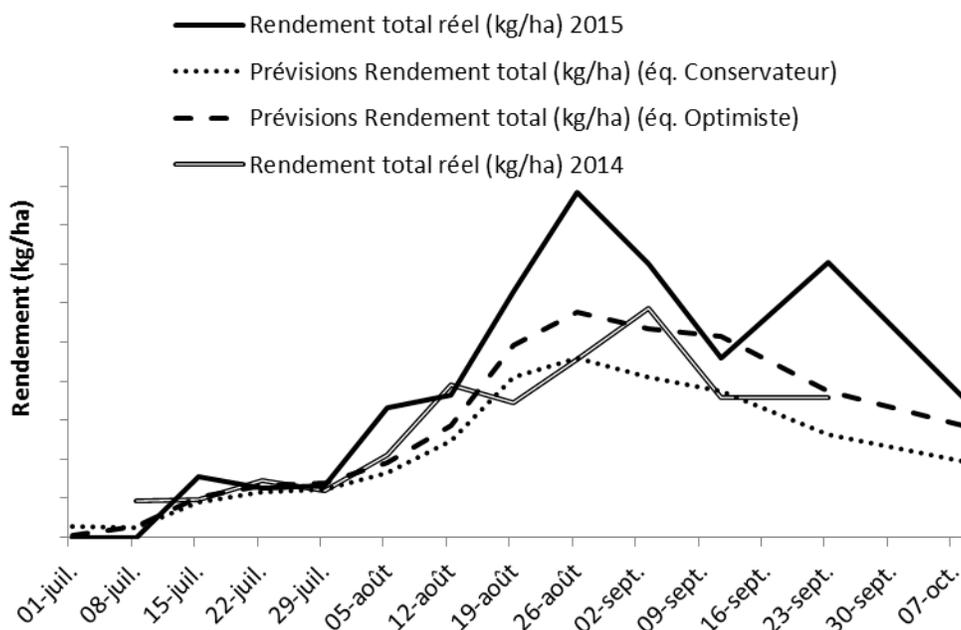


Figure 8. Site 17 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014).

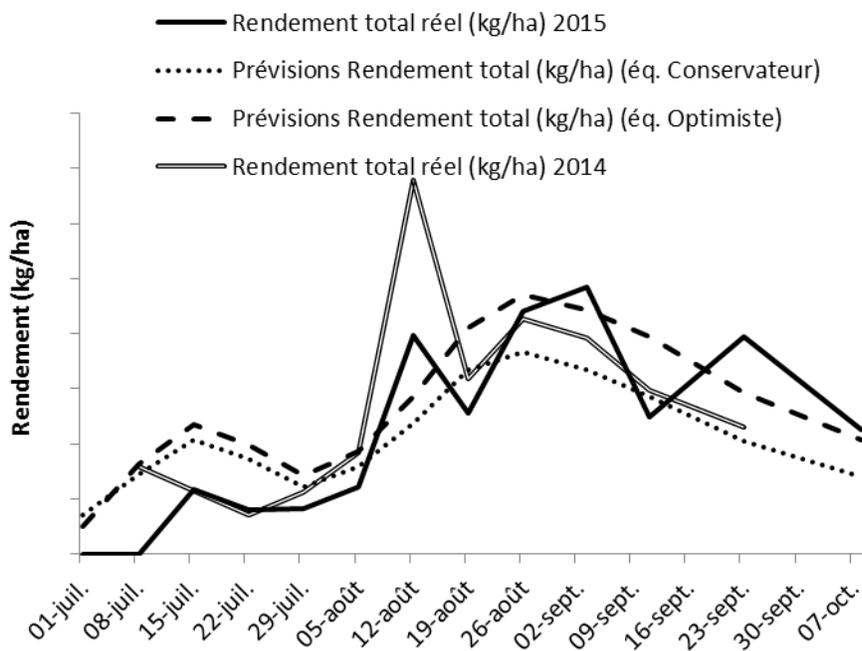


Figure 9. Site 20 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014).

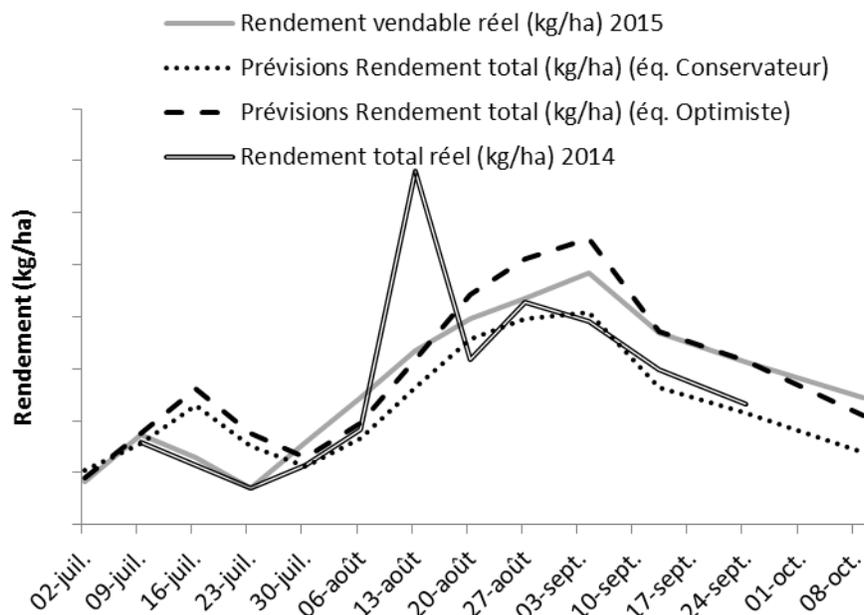


Figure 10. Site 23 (2015), comparaison des prévisions et des données historiques (2014).

Le coefficient de corrélation, tel que décrit précédemment, a permis d'expliquer les variations de rendement. Autrement dit, plus la valeur de  $r$  est forte (valeur tend vers 1), plus le modèle prévisionnel a présenté les mêmes variations de rendement dans le temps que les valeurs réelles. Les valeurs de  $r$  pour la saison 2014 se sont situées entre 0,33 et 0,91 ainsi qu'entre 0,32 et 0,92 pour les prévisions optimistes et conservatrices respectivement. Les valeurs pour la saison 2015 se sont situées entre 0,62 et 0,97 avec les prévisions optimistes et entre 0,53 et 0,96 avec les prévisions conservatrices. Ces valeurs indiquent que les modèles prévisionnels ont réussi adéquatement, exception faite des sites 4 et 10, et de manière semblable, malgré les écarts entre les rendements prévus et réels plus élevés en 2014, à décrire les variations de rendement réel lors des deux saisons du projet. Les pics et les creux de production ont été identifiés par les prévisions. Ces cas ont été particulièrement visibles pour de nombreux sites (1, 3, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 23, 24). En exemple, les sites 11 et 21 sont illustrés ci-dessous (figures 11 et 12). La justesse de cette situation a été légèrement moindre pour certains sites. Toutefois, de bons résultats ont été encore observés. Par exemple, les variations de rendements du 8 au 29 août observées au site 2 ont été reproduites avec les prévisions de rendement (figure 13). Les prévisions de rendement ont été supérieures au rendement réel pour l'ensemble de la saison pour ce dernier site. Cette situation a été expliquée en partie par une problématique phytosanitaire propre au site étudié.

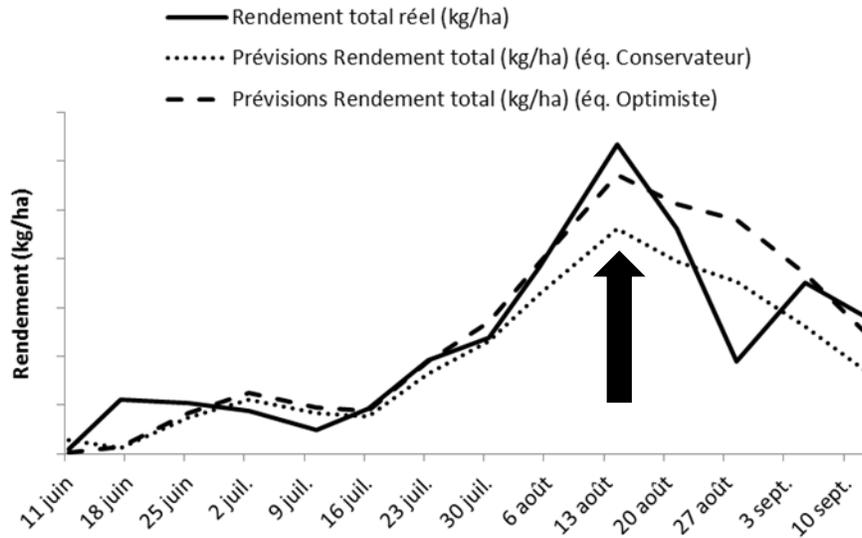


Figure 11. Identification du pic de production en fraises et reproduction de la variation de rendement grâce aux prévisions (site 11, 2014).

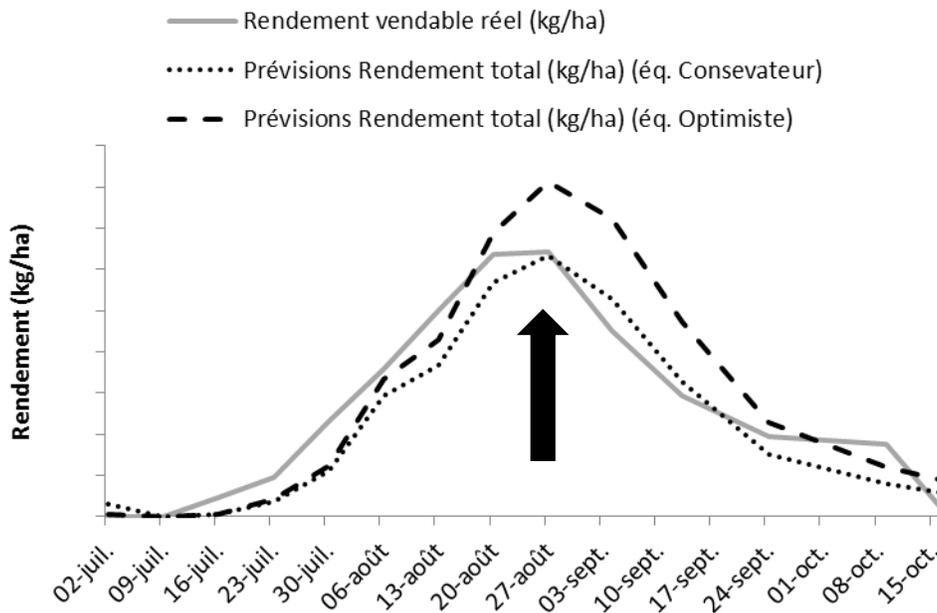


Figure 12. Identification du pic de production en fraises et reproduction de la variation de rendement grâce aux prévisions (site 21, 2015).

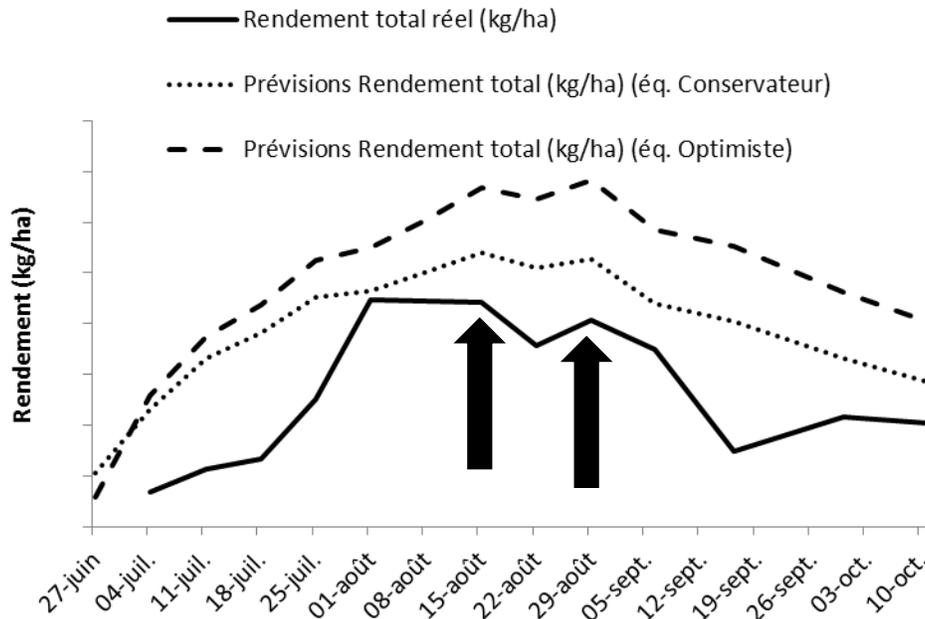


Figure 13. Identification du pic de production en fraises et reproduction de la variation de rendement grâce aux prévisions (site 2, 2014).

### Acquérir de nouvelles connaissances

Comme mentionnée précédemment, la régie de production était différente à plusieurs niveaux entre les entreprises participantes (densité de plantation, calibre du plant, largeur de butte, nombre de rangs de fraisiers par butte, nombre de tube de goutte à goutte et leur positionnement). L'outil utilisé dans ce projet a été conçu avec des sites qui présentaient une densité de plantation d'un peu plus de 54 000 plants/ha. Les dimensions des buttes recouvertes de paillis de plastique étaient d'une largeur de 76 cm (30 pouces), accueillant 2 rangs de fraisiers sur lesquels les plants étaient espacés de 27 cm (10 pouces). Les densités de plantation mentionnées par les entreprises participantes variaient entre 37 000 et 58 380 plants/ha. Ce facteur ne semblait pourtant pas déterminant dans la justesse des prévisions produites. En effet, des prévisions produites sur des sites avec des densités de plantation inférieures à 54 000 plants/ha ont démontré de bonnes affinités avec les rendements réels. À l'inverse, d'autres prévisions s'étaient avérées moins précises malgré une densité semblable.

Les prévisions relatives au site cultivé avec la variété *Monterey* étaient comparables à la moyenne des prévisions de ceux cultivés avec la variété *Seascape*. Les résultats obtenus pour la saison 2014 laissaient croire que cet outil pourrait être utilisé avec cette variété. D'autant plus que les écarts entre les valeurs des prévisions et des rendements réels étaient parmi les plus faibles (28 %). Cependant, aucun producteur n'avait cultivé la variété *Monterey* lors de la saison 2015. Ainsi, les conclusions mentionnées dans ce rapport ne concernent que la variété *Seascape*.

Un tournant dans l'efficacité des prévisions, cité précédemment et se produisant dans les environs du 10 août 2014, correspondait à une baisse marquée des températures de l'air, occasionnée par d'importants épisodes de pluie sur presque la totalité des sites à l'étude pour cette saison (annexe B). Ce facteur climatique pourrait mettre en lumière une des limites du présent outil. Malgré une probable sensibilité de l'outil aux conditions climatiques, ce dernier ne considérait pas ce paramètre. L'outil prévisionnel des rendements mis en place se voulait uniquement construit sur des facteurs cultureux facilement mesurables et observables par ses utilisateurs.

### **Optimiser la méthodologie actuelle**

La force de l'évaluation des prévisions dépendait grandement du nombre de semaines où ces dernières pouvaient être jumelées à une valeur de rendement réel. Ainsi, il est essentiel de commencer les décomptes de fruits verts le lendemain suivant l'arrêt des coupes des inflorescences.

Les décomptes des fruits verts devaient être réalisés aux sept jours, et ce, sans interruption durant la saison afin d'assurer une précision adéquate des prévisions. Suite aux résultats obtenus, le nombre de fraisiers choisi aléatoirement devait demeurer à 60. Effectivement, la variabilité observée, pour cinq décomptes effectués simultanément par cinq personnes dans un même champ, laissait croire que ce nombre devait être maintenu, sinon augmenté. En effet, une augmentation du nombre de plants considérés permettrait une réduction probable de la variabilité du nombre de fruits verts dénombrés. Cependant, le temps nécessaire à réaliser ce décompte (jusqu'à une heure par site) ne permettrait pas d'augmenter le nombre de plants à plus de 60.

La présence de problèmes de régie, de maladie ou d'infestation de ravageurs affectait grandement la précision des prévisions, surtout si ces derniers survenaient suite au décompte des fruits verts et provoquaient une augmentation du nombre de fruits non commercialisable à la récolte.

Les prévisions étaient construites en fonction d'un nombre de fruits verts, elles faisaient donc nécessairement référence à un rendement de production incluant les fruits qui étaient rejetés (rendement total). L'évaluation de ces volumes de fruits pouvait être difficile en contexte de production commerciale. Quelques entreprises n'ont pas été en mesure de communiquer ces renseignements. La justesse de la valeur du rendement total était cependant essentielle pour évaluer si les valeurs de prévisions étaient adéquates. Toutefois, pour certains sites (8, 21, 22, 23), les prévisions de rendement comparées aux rendements vendables laissaient paraître de fortes similitudes. Il est donc recommandé d'utiliser l'outil de prévision des rendements avec les valeurs de rendement total.

Idéalement, les décomptes de fruits verts devaient être effectués par la même personne, afin que l'identification des fruits verts demeure constante. Cette même personne devait éviter de regarder les fraisiers lors de la sélection des 60 plants aléatoires pour ne pas être influencé par l'apparence de ces derniers.

À partir de la mi-août, le nombre de jours entre une fleur nouvellement ouverte et un fruit mûr augmente pour la variété *Seascape* (Boivin et coll., 2013). Cette valeur devait être considérée dans l'outil. La variation du nombre de jours qui était proposée dans l'outil est présentée dans le tableau 6.

**Tableau 6. Variation du nombre de jours entre une fleur nouvellement ouverte et un fruit mûr par période de la saison.**

Périodes	Date du décompte de fruits verts	Nombre jours fleur-fruit proposé	Date maximale de récolte depuis la dernière période
1	10-juin	21	01-juil
2	17-juin	21	08-juil
3	24-juin	21	15-juil
4	01-juil	21	22-juil
5	08-juil	21	29-juil
6	15-juil	21	05-août
7	22-juil	21	12-août
8	29-juil	21	19-août
9	04-août	21	26-août
10	11-août	22	02-sept
11	16-août	24	09-sept
12	22-août	25	16-sept
13	26-août	28	23-sept
14	29-août	32	30-sept
15	01-sept	36	07-oct
16	08-sept	36	14-oct

L'outil de prévision des rendements a été conçu en 2013, grâce à de fortes corrélations entre différentes variables mesurées en champ (Boivin et coll., 2013). Deux comparaisons avaient été déterminantes dans l'établissement de l'outil : 1. le nombre de fruits verts cumulatifs par plant pour une période comparé au nombre de fruits mûrs cumulatifs par plant observé pour une période 21 jours plus tard; 2. le nombre de fruits mûrs cumulatifs par plant comparé au poids des fruits mûrs cumulatifs par plant correspondant. Ces dernières comparaisons pouvaient être décrites par des équations. C'est avec ces équations, issues des conditions des saisons 2012 et 2013, que les prévisions de rendement ont pu être produites en 2014 et 2015. Les 4 sites avec le

suivi 1 ont permis un suivi des mêmes variables nécessaires à ces dernières comparaisons. De nouvelles équations, propres aux conditions des saisons 2014 et 2015 ont été générées afin de produire de nouvelles prévisions de rendement. Ces équations sont présentées au tableau 5.

**Tableau 7. Équations des saisons 2014 et 2015 issues des sites avec suivi 1.**

Saisons	Comparaison nombre fruits verts-nombre fruits mûrs Équation 2	Comparaison nombre fruits mûrs-poids fruits mûrs Équation 3
2014	$y = -0,0006x^2 + 0,4075x + 0,86$ ( $R^2 = 0,9984$ )	$y = -0,0554x^2 + 14,451x - 0,2481$ ( $R^2 = 0,9995$ )
2015	$y = 0,325x - 1,6422$ ( $R^2 = 0,9653$ )	$y = -0,0752x^2 + 16,887x - 7,6216$ ( $R^2 = 0,9953$ )

Ces équations ont permis de produire des prévisions de rendement total réalistes. Cependant, la plupart des prévisions générées avec les nouvelles équations ont produit des rendements totaux supérieurs aux valeurs produites par le modèle optimiste provenant de l'équation de 2013. Cette observation permet donc d'affirmer que les modèles prévisionnels, optimiste et conservateur, des saisons 2012 et 2013 étaient adéquats pour les saisons 2014 et 2015 et que l'outil proposé est pertinent. Toutefois, il serait simple de modifier ce dernier avec de nouvelles équations afin de répondre à de nouvelles conditions de culture de la fraise à jours neutres qui invalideraient les équations de 2012 et 2013.

### **Développer un outil de prévision performant et facile d'utilisation**

Comme démontré précédemment pour la majorité des sites à l'étude, le décompte hebdomadaire de fruits verts a permis de générer des prévisions décrivant de manière efficace les variations de rendement au cours d'une saison de production. Cette méthode a permis également de prévoir les valeurs de rendement de manière adéquate, mais pour quelques sites, elle a démontré de fortes variations entre les valeurs prévues et réelles (écart-type). Le décompte de fruits verts a pu être réalisé dans une durée au plus d'une heure. Cette durée a été moindre lors des premiers décomptes étant donné le moins grand nombre de feuilles à cette période.

L'outil de prévision des rendements, un chiffrier Excel produit lors d'un projet initié en 2011 (Boivin et coll., 2013), a démontré une grande facilité d'utilisation. L'utilisateur de l'outil n'a qu'à y inscrire la densité de plantation et les valeurs hebdomadaires des décomptes de fruits verts, sur 60 plants aléatoires, pour obtenir des prévisions hebdomadaires de rendement se situant 21 jours plus tard. Toutes les instructions relatives à l'utilisation de l'outil ont été indiquées à même ce dernier. Cet outil sera promu par une vidéo explicative et rendu disponible par l'APFFQ.

**Avertissement relatif à l'utilisation de l'outil de prévision des rendements**

Les données générées par cet outil ne constituent en aucun cas des recommandations de la part des auteurs. La conception de cet outil est fonction de données propres à des sites précis (texture du sol, conditions climatiques, régies de culture) pour les saisons de croissance 2012 et 2013. Les données générées doivent être perçues comme des informations relatives à ces dernières situations et doivent être utilisées à des fins informatives seulement. Cet outil ne considère pas les facteurs biotiques et abiotiques, pouvant influencer la culture, en action entre les dates de l'établissement de la prévision et la récolte s'y rattachant. Pour plus de détails concernant l'utilisation et la conception de cet outil, l'utilisateur doit consulter le document Boivin et coll., 2013.

## Conclusion

Les deux modèles prévisionnels des rendements totaux (optimiste et conservateur) évalués dans ce projet étaient prometteurs. Effectivement, la similitude décrivant les variations de rendement réel et prévu permettait d'apprécier la justesse des prévisions pour une majorité des sites. Ces similitudes se décrivaient par des coefficients de corrélation forts. Cela a permis d'évaluer l'efficacité des prévisions à décrire les variations de rendement dans la saison, comme des pics de productivité, une stabilisation, une hausse ou une baisse des rendements. La capacité à décrire ces variations, malgré un possible écart moyen non négligeable entre les valeurs de rendement prévu et réel, a permis de cibler trois semaines à l'avance les périodes d'augmentation de productivité. Cette capacité de l'outil de prévision a permis ainsi de répondre à un objectif principal du projet, soit l'amélioration de la mise en marché des fraises. Les écarts, tels que décrits précédemment, étaient en moyenne de l'ordre de 35 à 40 %, selon la saison. Les prévisions étaient optimales dans les conditions idéales de cultures. Ainsi, les prévisions étaient plus adéquates en 2015, car les rendements produits étaient supérieurs à ceux de 2014 pour l'ensemble des entreprises. L'évaluation de cet outil avec la variété de fraises *Monterey* a été laissée de côté, faute d'intérêt de la part des producteurs pour cette dernière. Les données issues des saisons 2012 et 2013, servant de base à l'outil de prévision, se sont avérées efficaces dans les conditions de production des saisons 2014 et 2015. En effet, malgré une mise à jour des équations générant les prévisions de rendement, avec des données provenant des saisons 2014 et 2015, les prévisions obtenues dans ce projet étaient optimales avec l'outil initial. L'efficacité des prévisions était réduite lorsque des facteurs externes affectaient le développement des fraisiers. Les conditions climatiques défavorables (grêle, pluies abondantes, températures froides, etc.), les ravageurs et maladies affectaient négativement les prévisions. Un chiffrier Excel, offert aux producteurs de fraises à jours neutres, permet de produire les prévisions de rendement de manière simple et rapide. L'utilisateur n'a qu'à y indiquer la densité de plantation (plants/ha) et le décompte hebdomadaire de fruits verts pour obtenir une prévision de rendement total optimiste et conservatrice. Cet outil fera l'objet d'une diffusion de la part de l'APFFQ auprès des producteurs (vidéo, distribution) et de l'IRDA auprès de la communauté scientifique au 8<sup>th</sup> Internationale Strawberry Symposium qui se tiendra à Québec en août 2016.

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) accordée en vertu du Programme d'appui financier aux regroupements et aux associations de producteurs désignés (PAFRAPD).

## Références

Bartczak, M., J. Lisiecka et M. Knaflewski. 2013. *Correlation between selected parameters of planting material and strawberry yield*. Folia Hort. 22(1), pp. 9-12.

Boivin, C., P. Deschênes et D. Bergeron. 2013. Développer une méthode simple pour prévoir les volumes de fraises qui seront récoltés pour un champ donné de fraisiers à jours neutres. Rapport final remis au CDAQ. IRDA. 44 p.  
<http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/boivin-et-al-2013-rapport-prevision-volumes-fraises.pdf>

Boivin, C., P. Deschênes et D. Bergeron. 2014. Prévoir les rendements en fraises : une méthode visant à optimiser la mise en marché pour les producteurs québécois. Fiche synthèse, IRDA. 2 p.  
<http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/boivin-et-al-2014-fiche-previ-rdt-fraises.pdf>

Døving, A. 2004. *Prediction of strawberry season and yield*. Acta Hortic. 654, 325-332

Gee, G.W. et J.W. Bauder. 1986. *Particle-size analysis*. p. 383-411. Dans A. Klute (ed) *Methods of soil analysis*. Part 1. ASA. Monographie No 9. 2<sup>e</sup> édition. Madison, WI.

Le Mière, P., P. Hadley, J. Darby et N.H. Battey 1997. *Prediction of cropping in june-bearing strawberries*. Acta Hortic. 439, 475-476

López, A., C. Pérez, A. Arias, J. Palanco, A. Gómez, M. Torres et M. Rodríguez. 2014. *Strawberry fruit yield forecast based on Montecarlo methodology and artificial vision*. Acta Hortic. 1049, 551-552

MacKenzie, S.J. et C.K. Chandler. 2009. *A Method to Predict Weekly Strawberry Fruit Yields from Extended Season Production Systems*. Agron J. Vol. 101 no. 2, p. 278-287.

## Annexe A. Prévisions de rendement comparées au rendement réel

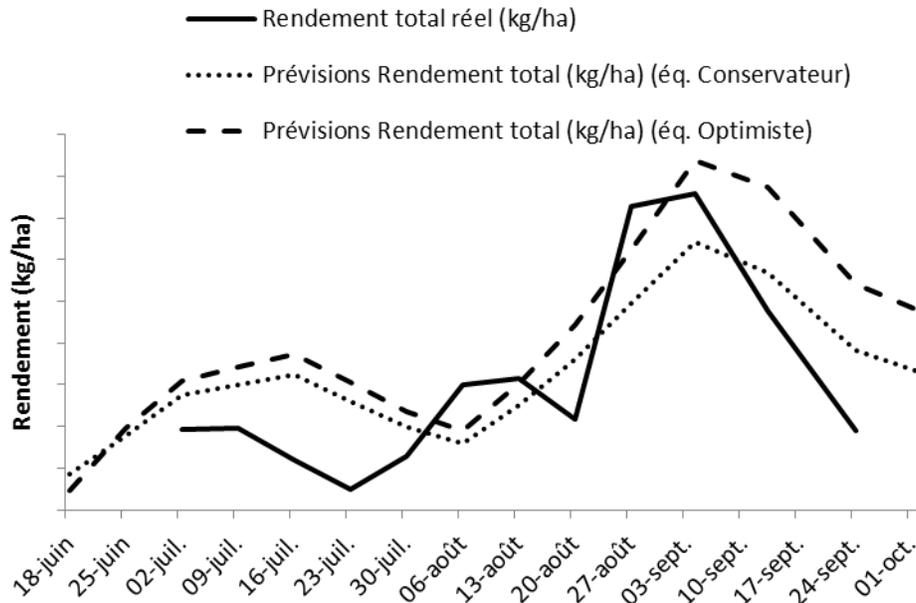


Figure 14. Site 1 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

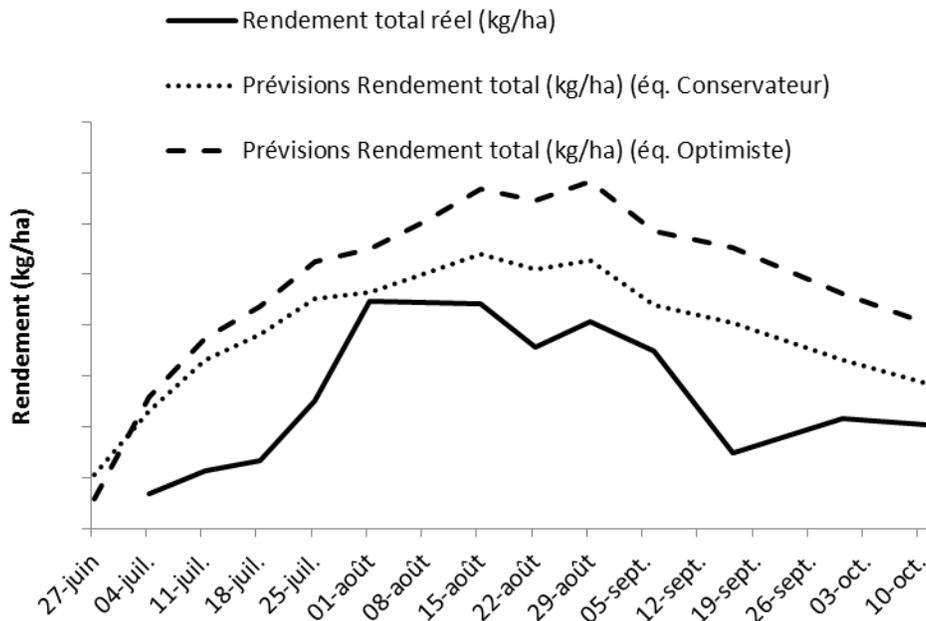


Figure 15. Site 2 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

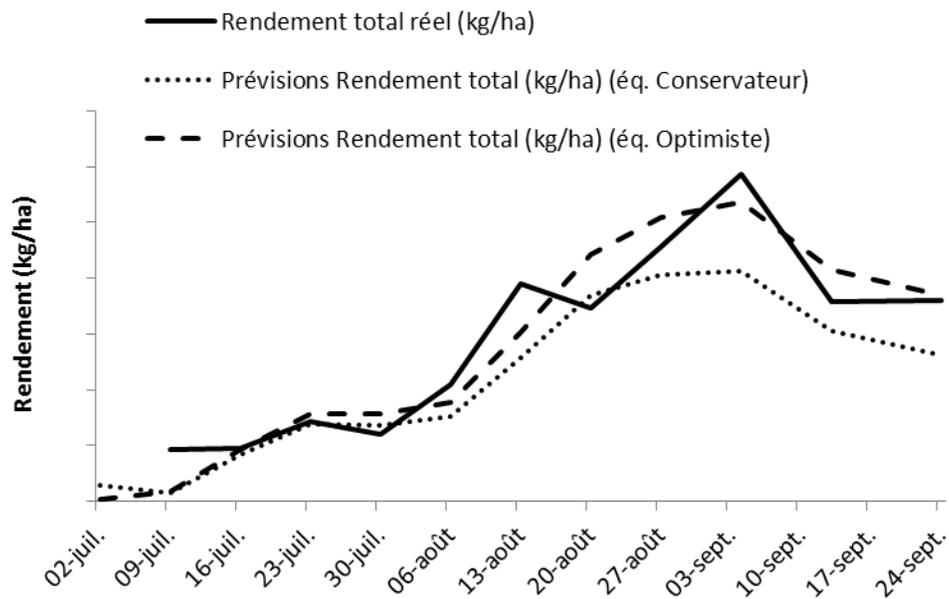


Figure 16. Site 3 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

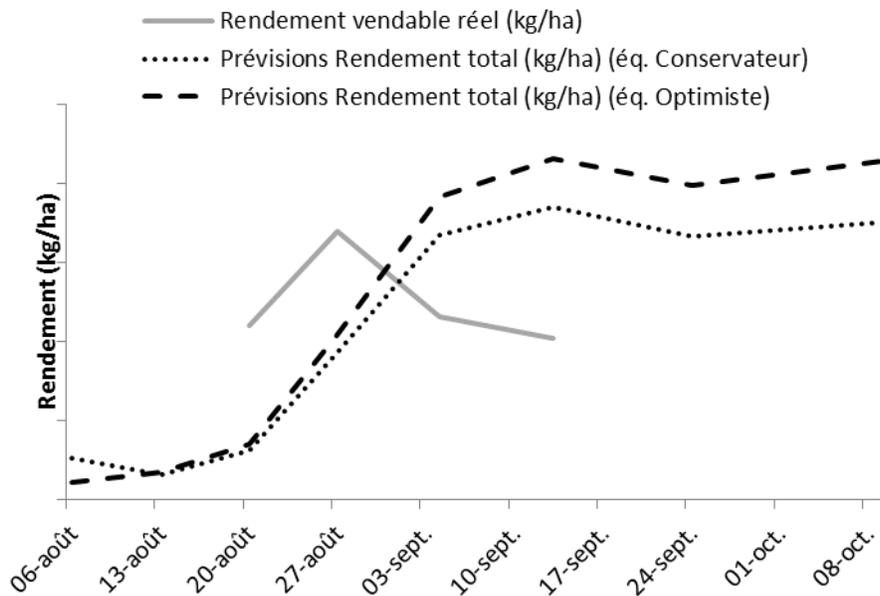


Figure 17. Site 4 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

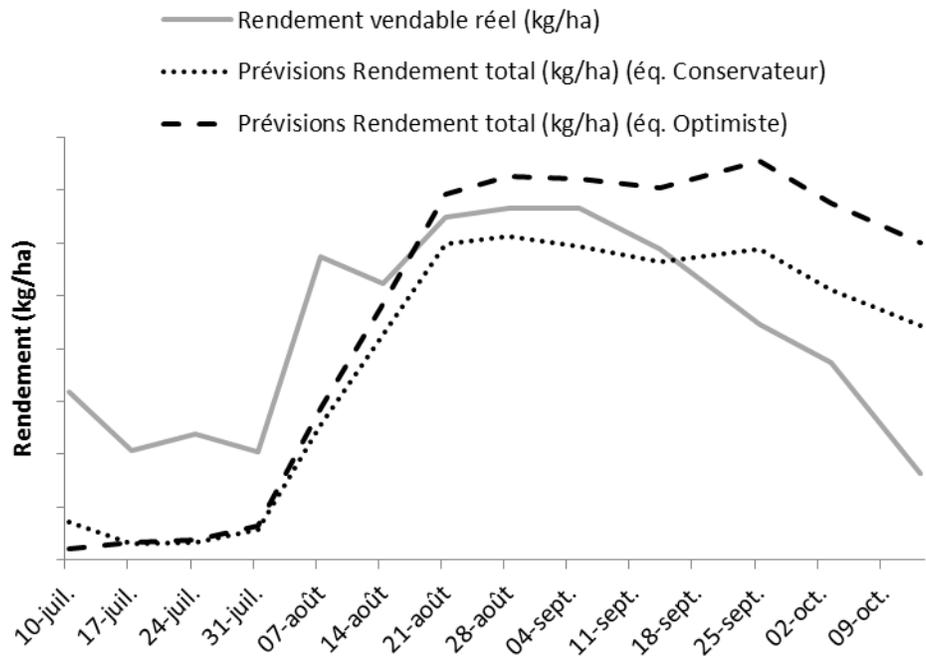


Figure 18. Site 5 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

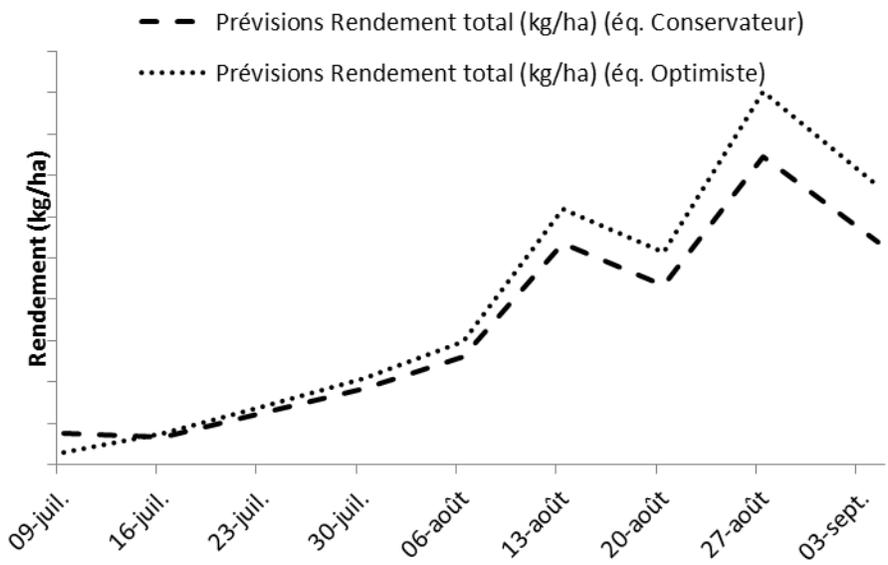


Figure 19. Site 6 (Suivi 2) 2014: Prévisions (kg/ha) hebdomadaires.

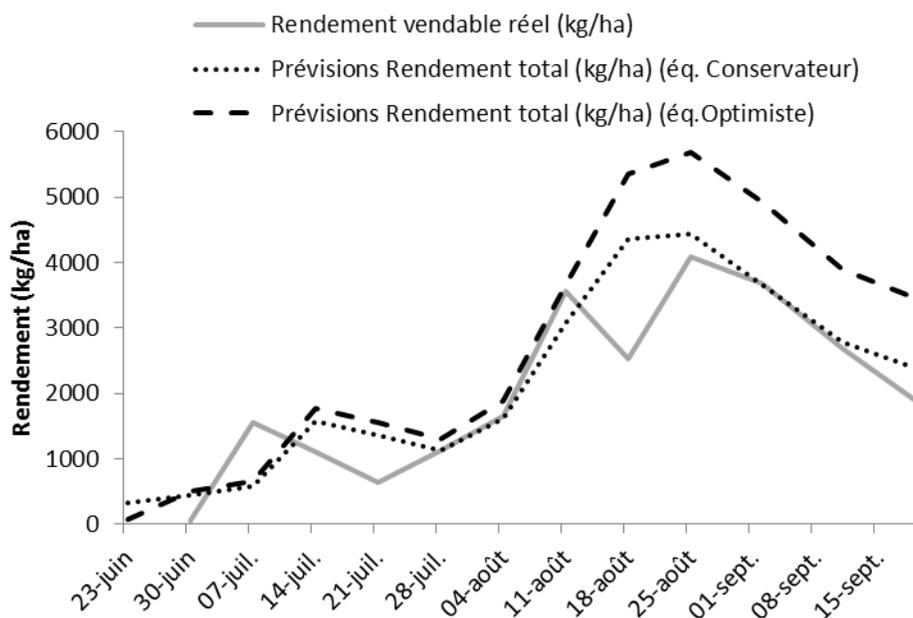


Figure 20. Site 8 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

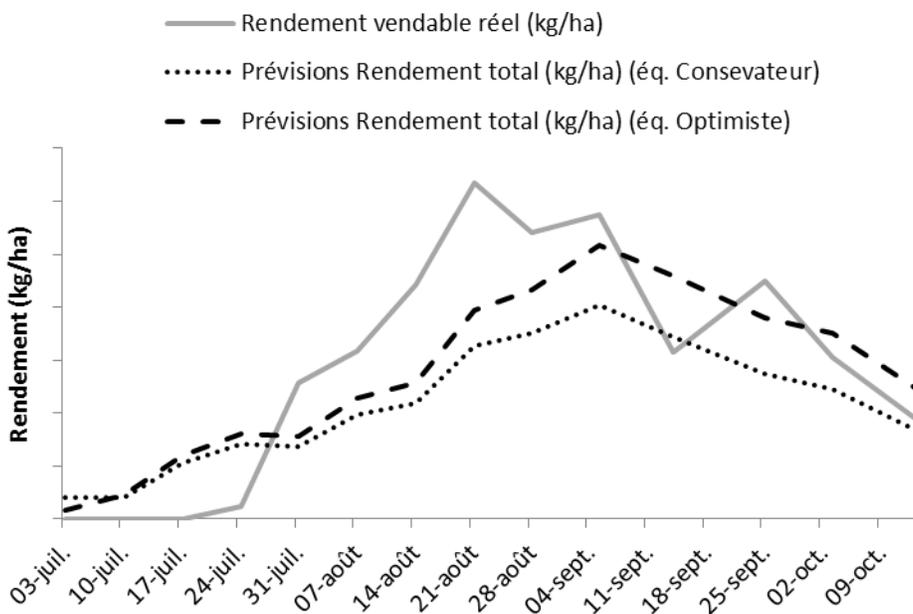


Figure 21. Site 9 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires (Monterey).

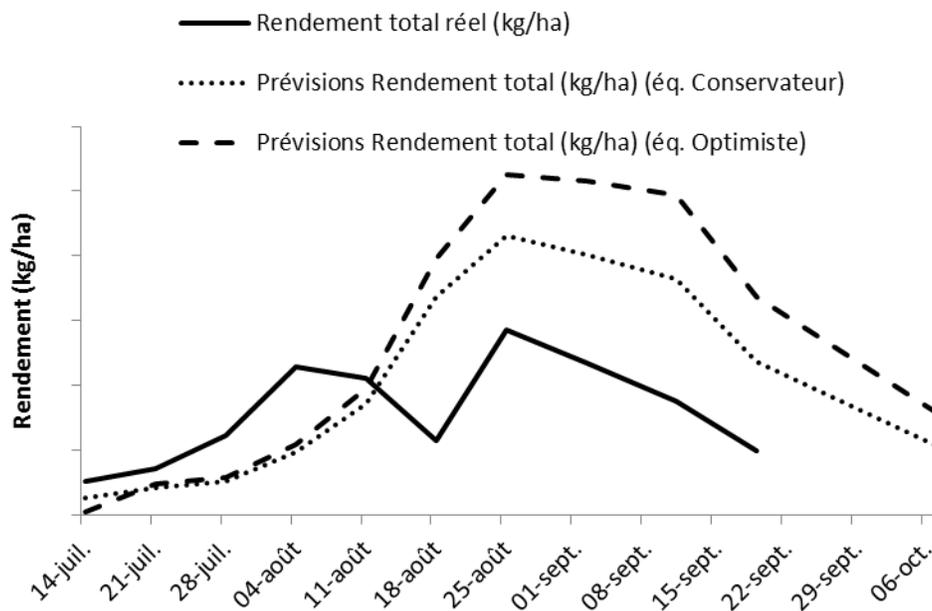


Figure 22. Site 10 (Suivi 2) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

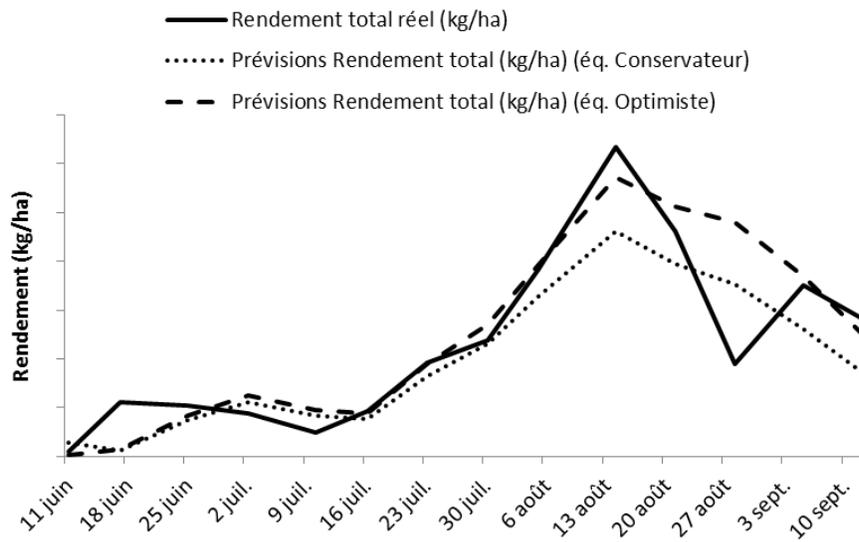


Figure 23. Site 11 (Suivi 1) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

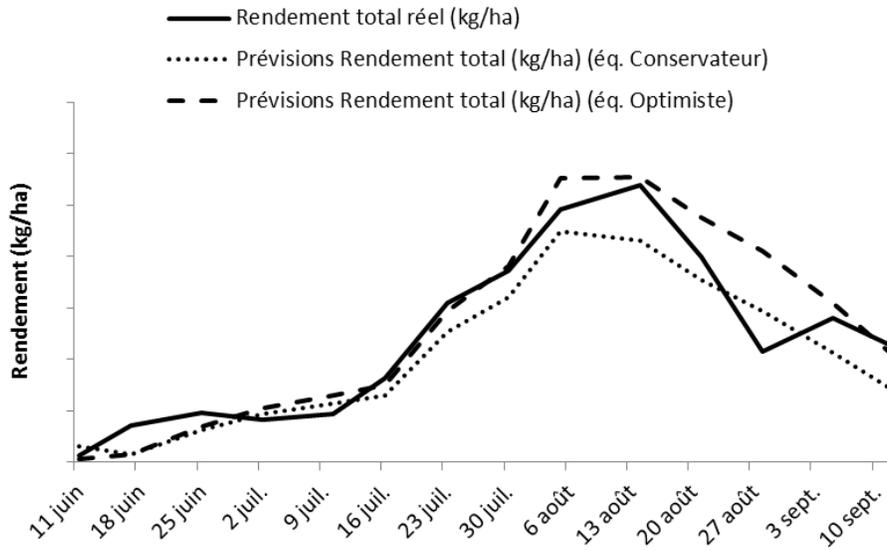


Figure 24. Site 12 (Suivi 1) 2014: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

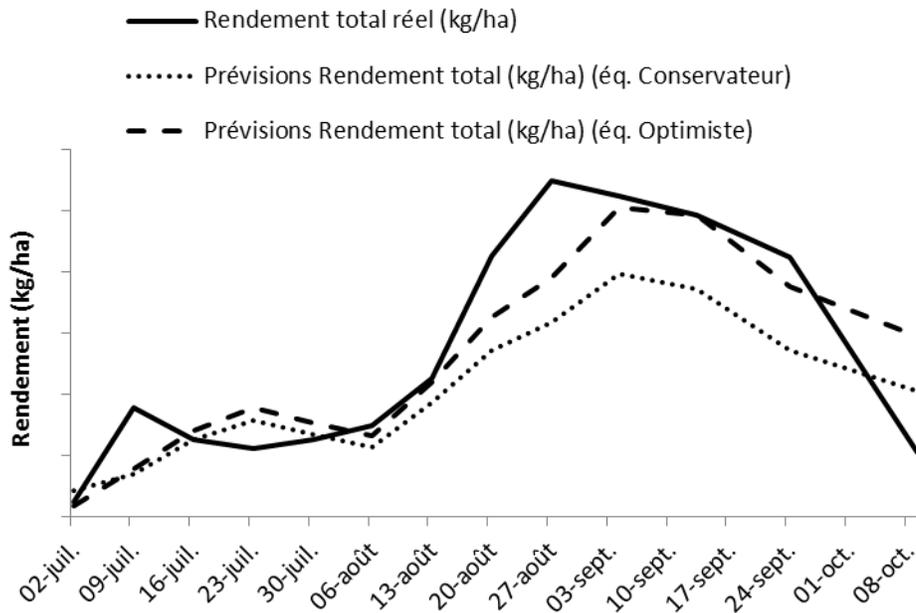


Figure 25. Site 13 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

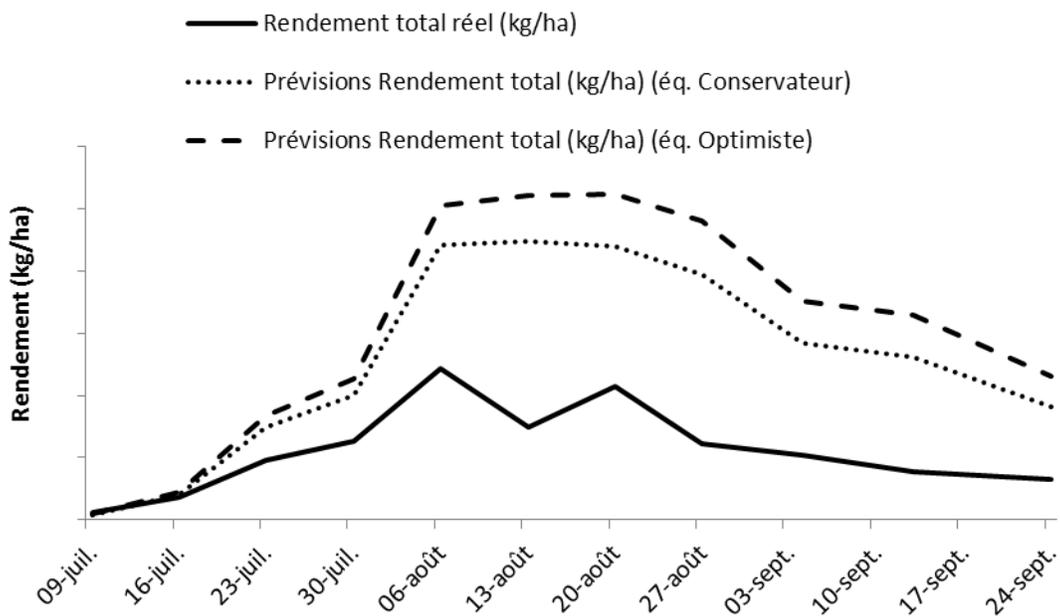


Figure 26. Site 14 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

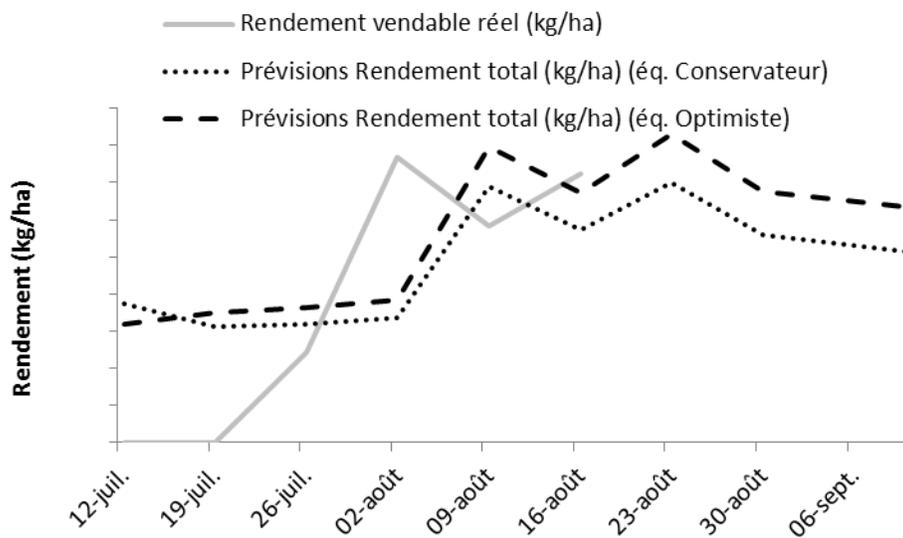


Figure 27. Site 15 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

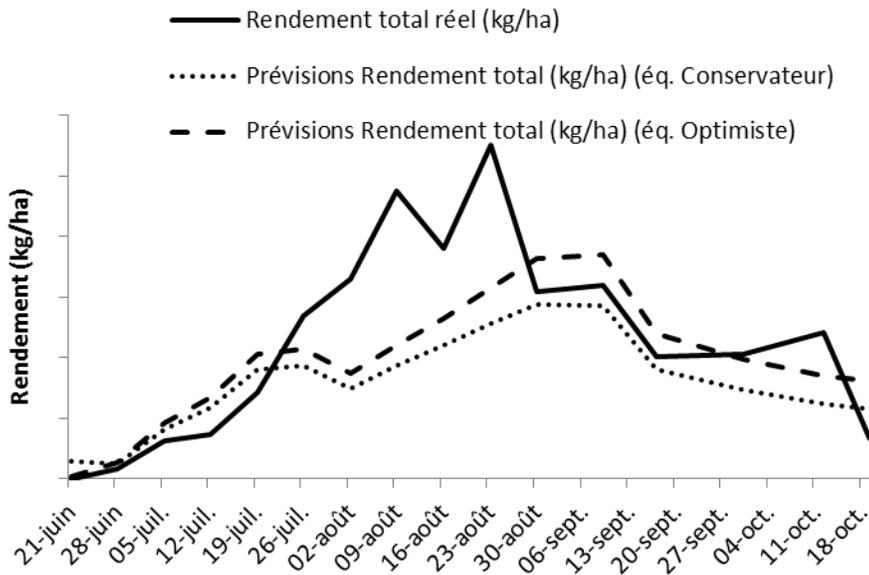


Figure 28. Site 16 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

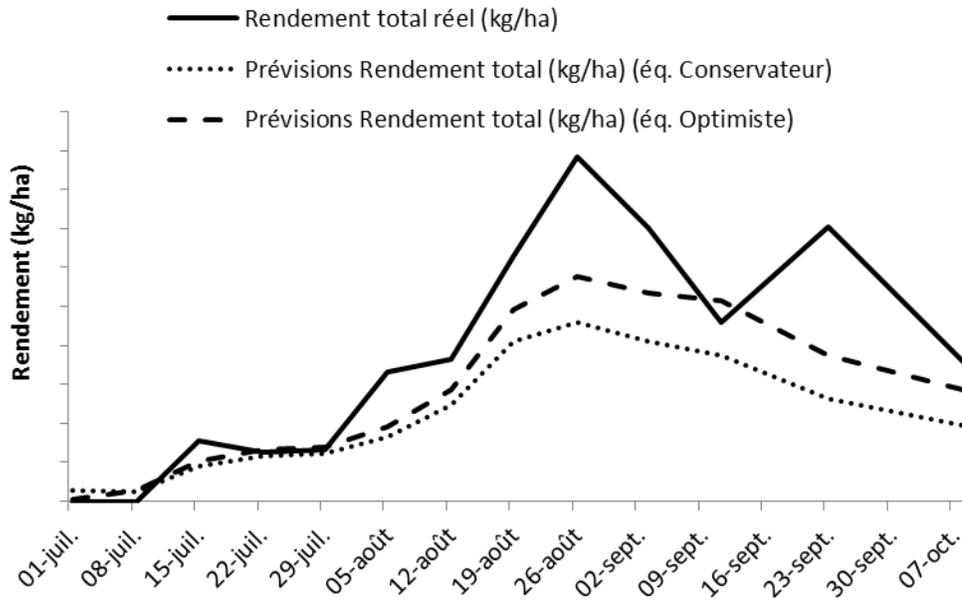


Figure 29. Site 17 (Suivi 1) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

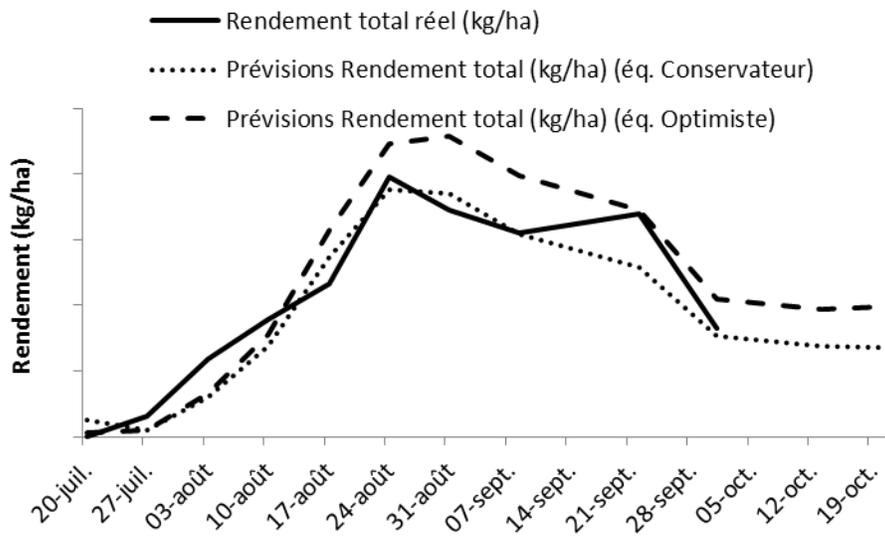


Figure 30. Site 18 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

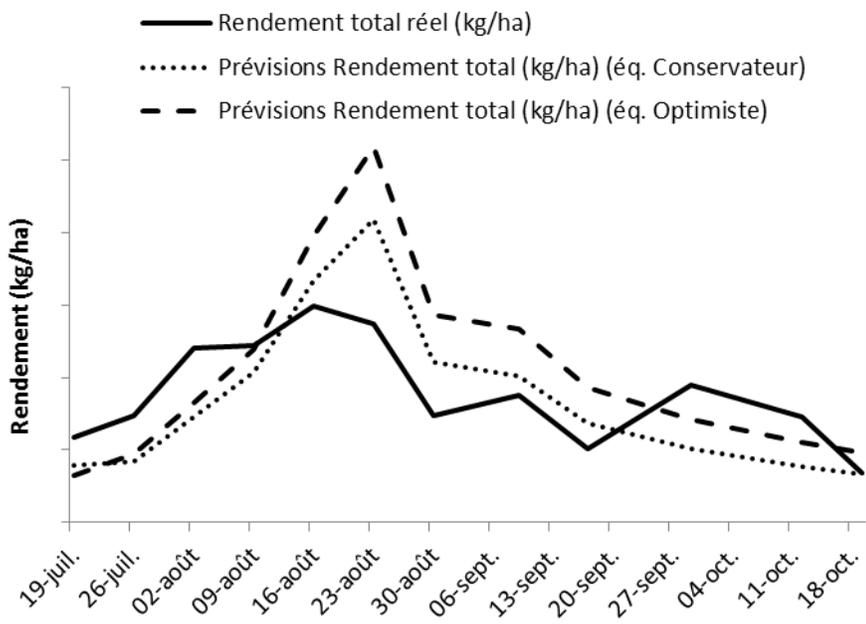


Figure 31. Site 19 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

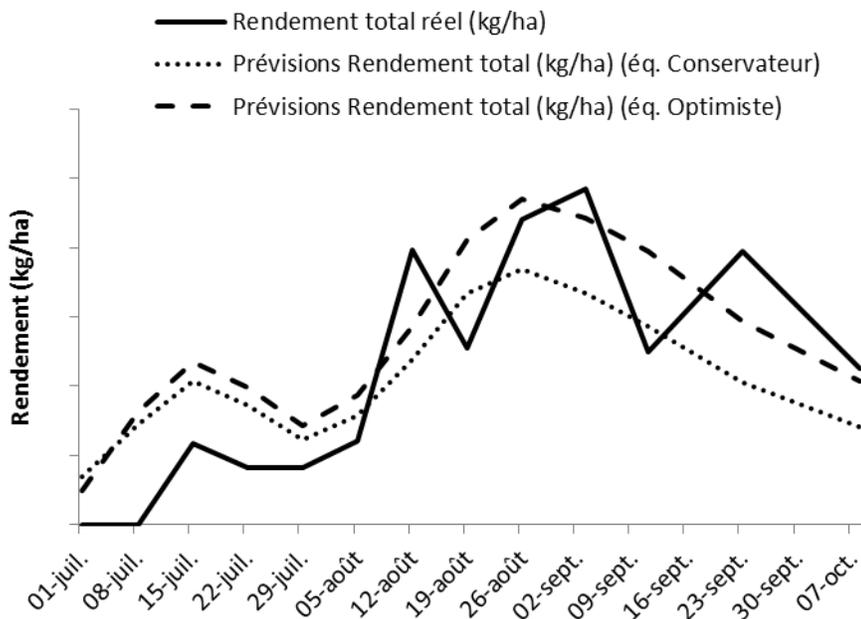


Figure 32. Site 20 (Suivi 1) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

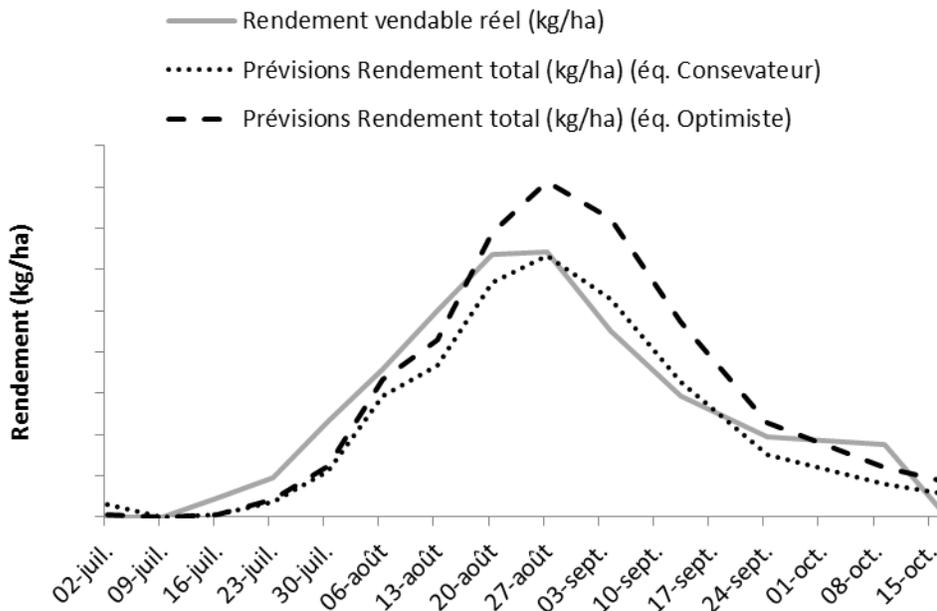


Figure 33. Site 21 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

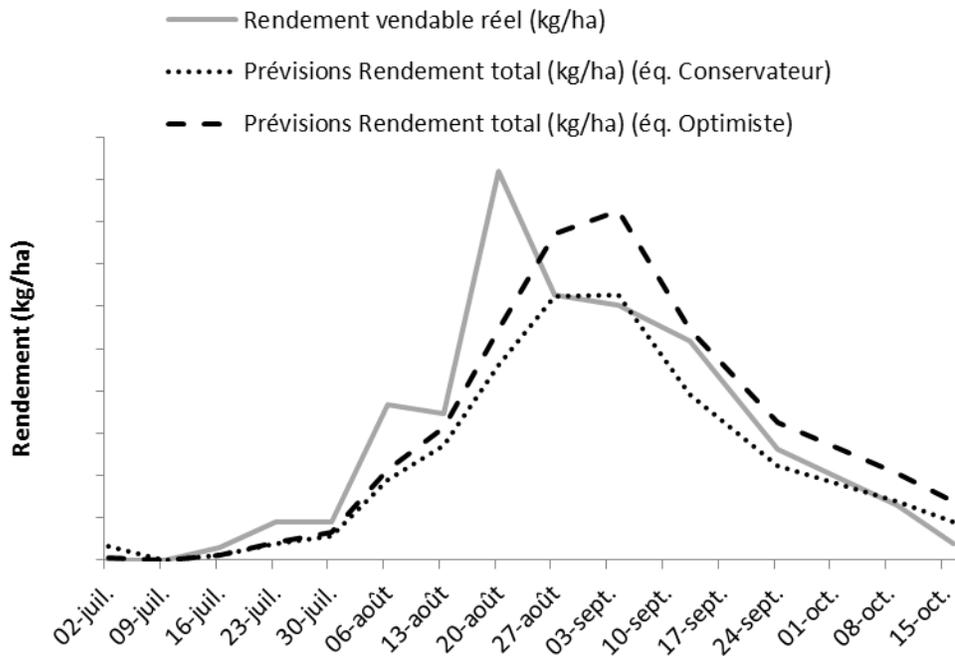


Figure 34. Site 22 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

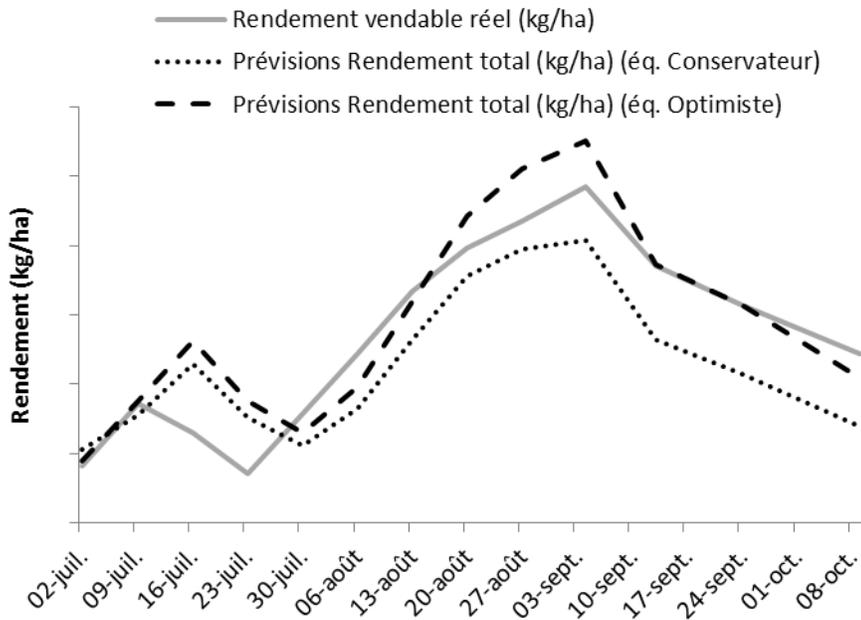


Figure 35. Site 23 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

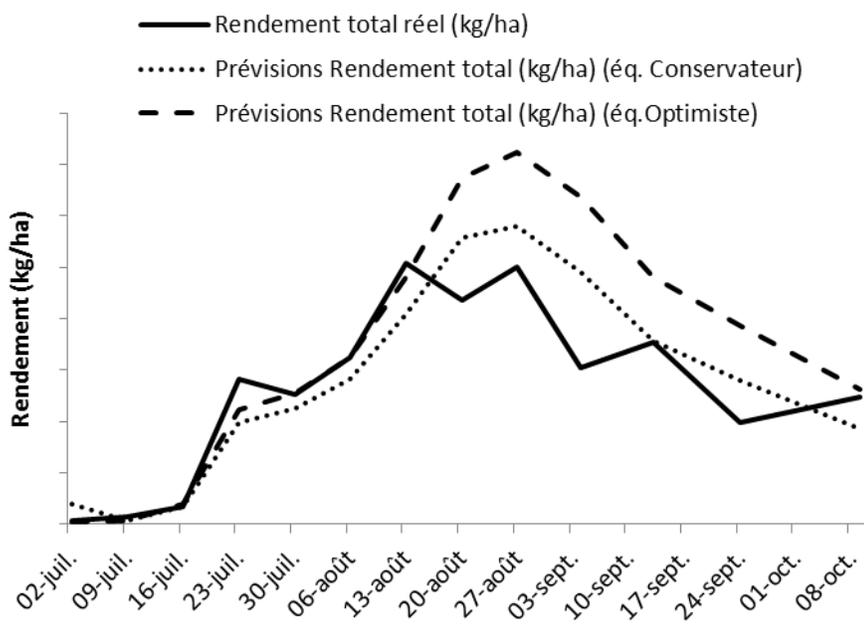


Figure 36. Site 24(Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

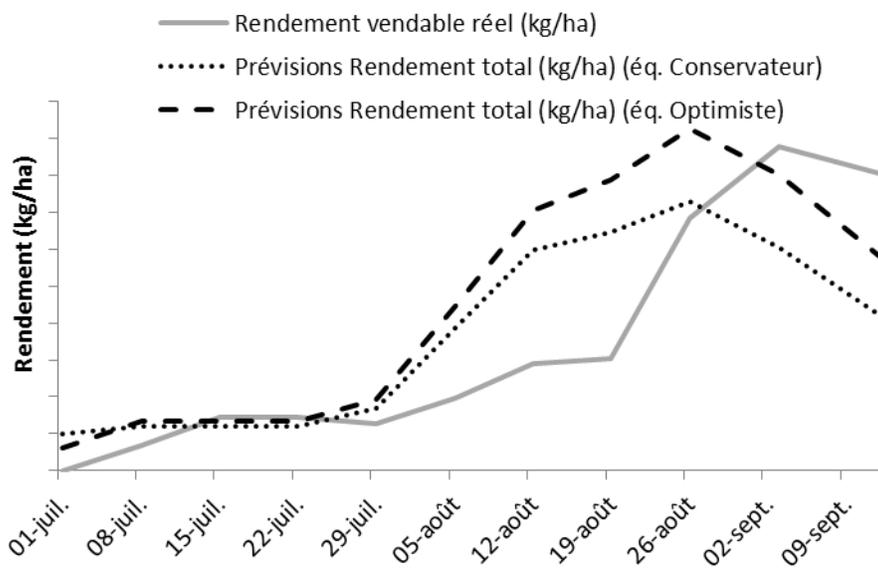


Figure 37. Site 25 (Suivi 2) 2015: Prévisions et rendements réels (kg/ha) hebdomadaires.

## Annexe B. Conditions climatiques

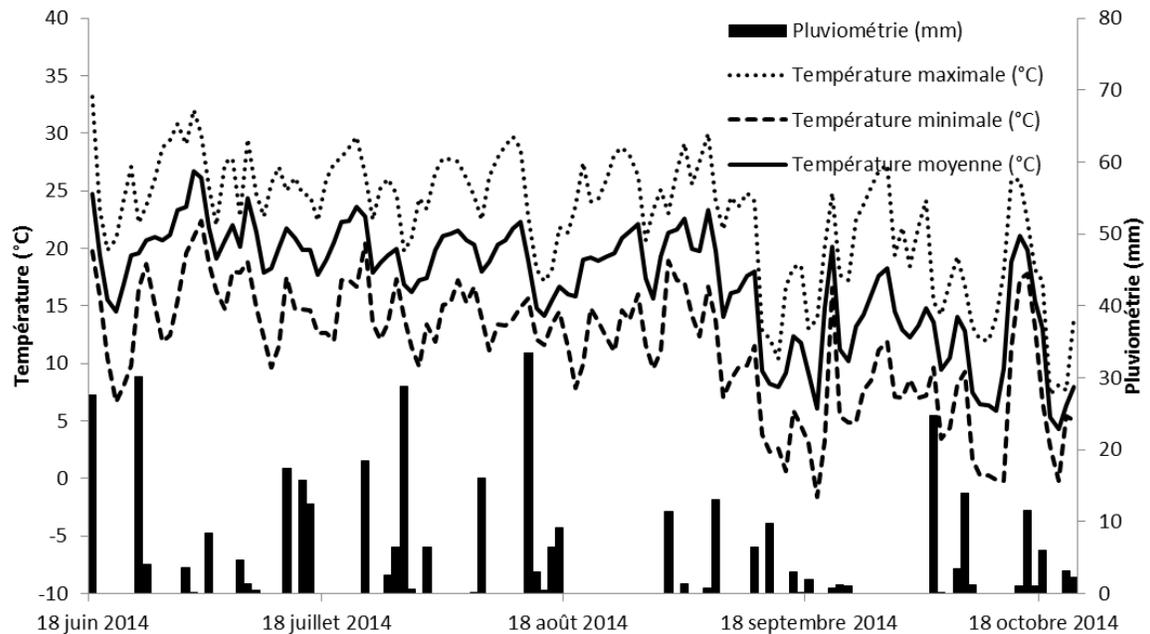


Figure 38. Conditions climatiques 2014 : Damaco Produce

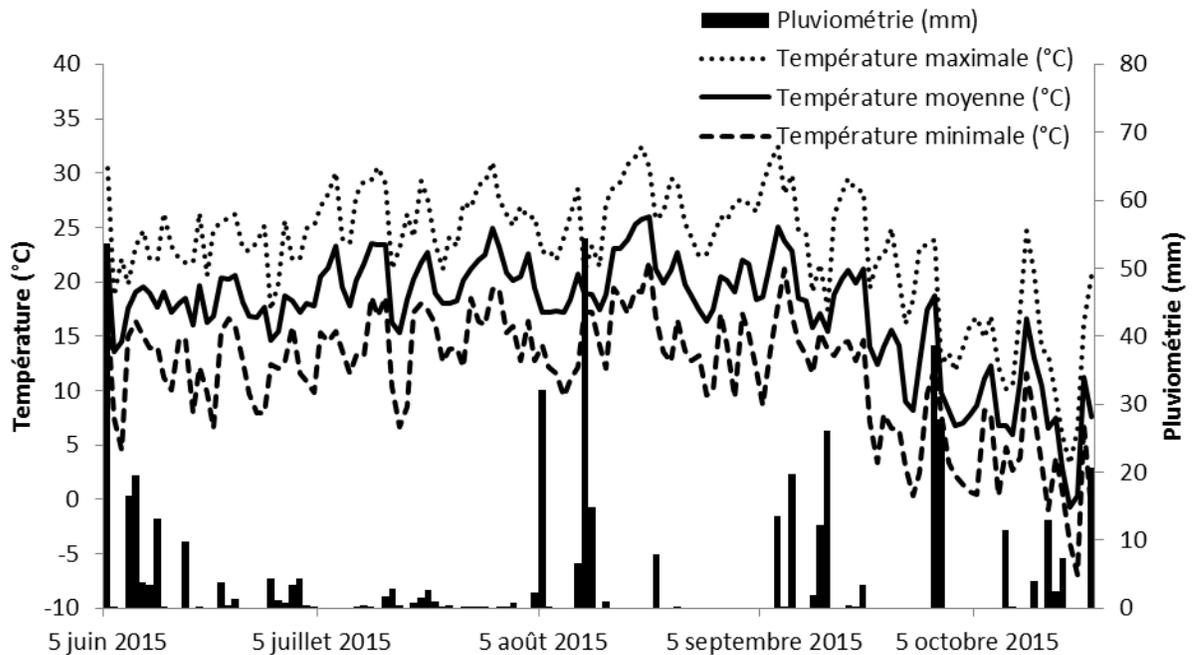


Figure 39. Conditions climatiques 2015 : Damaco Produce

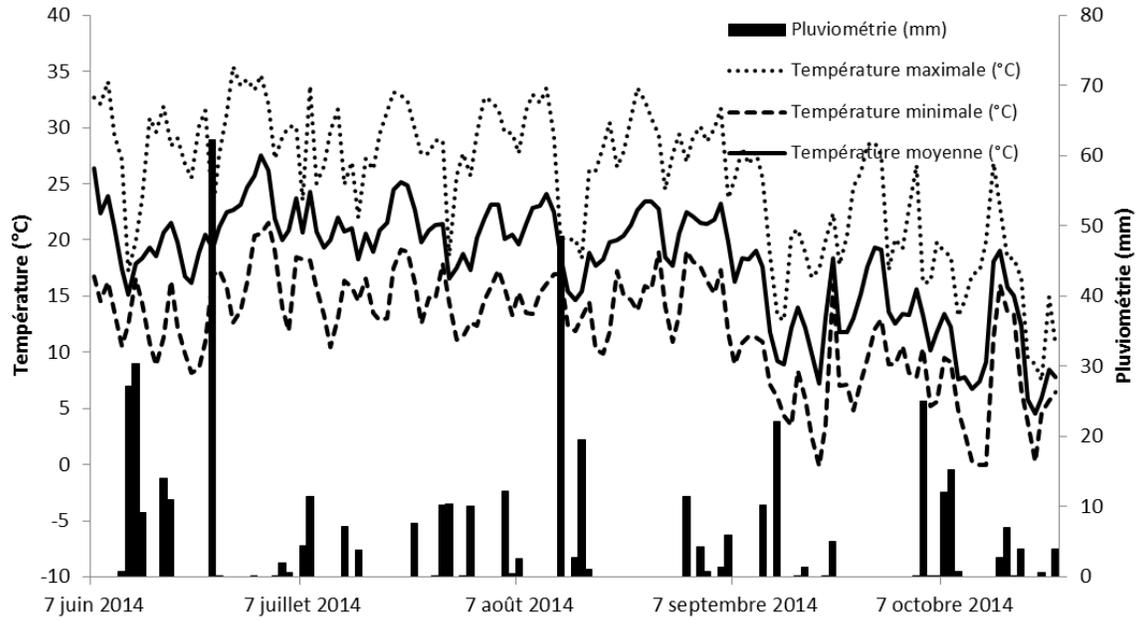


Figure 40. Conditions climatiques 2014 : Ferme D & M Sauriol

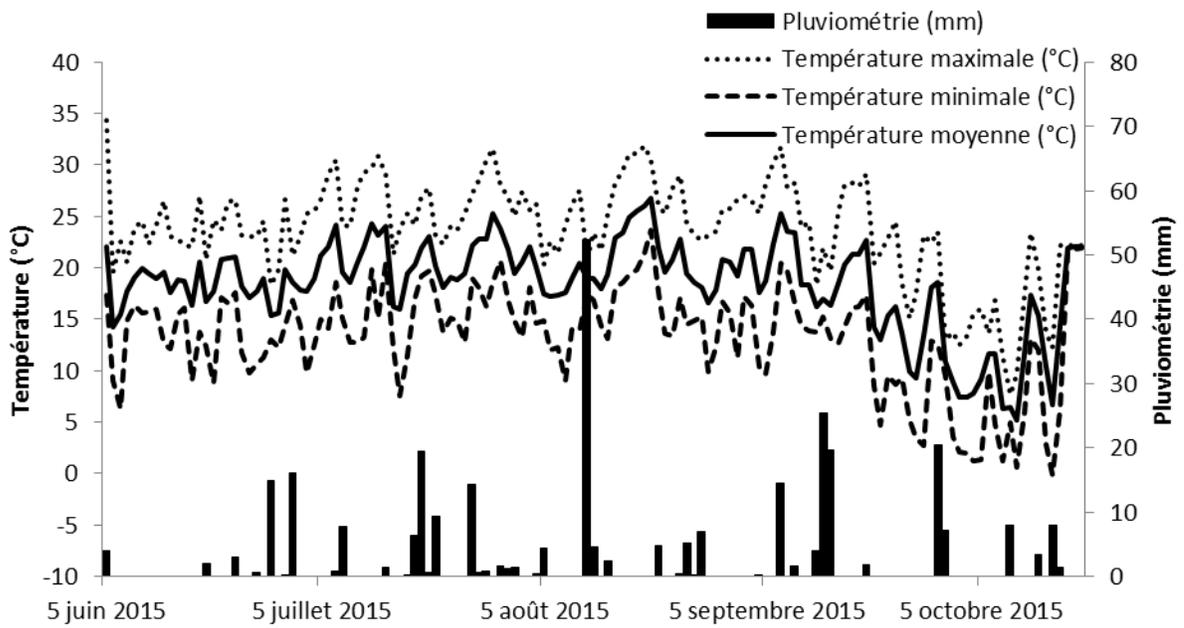


Figure 41. Conditions climatiques 2015 : Ferme Jocelyn Gadbois

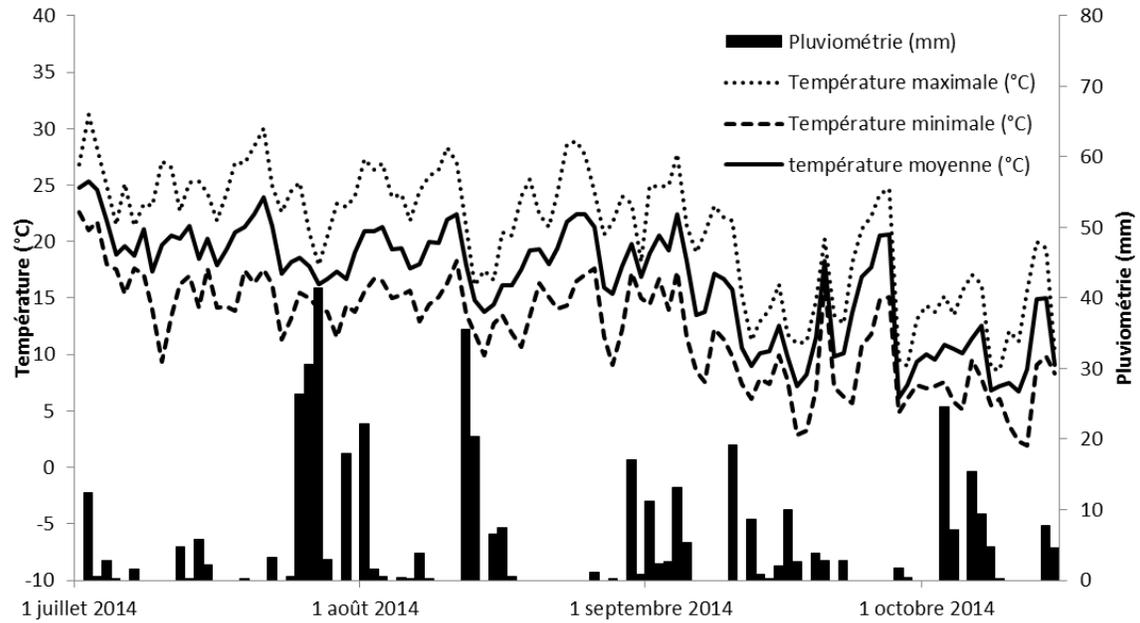


Figure 42. Conditions climatiques 2014 : Ferme François Gosselin

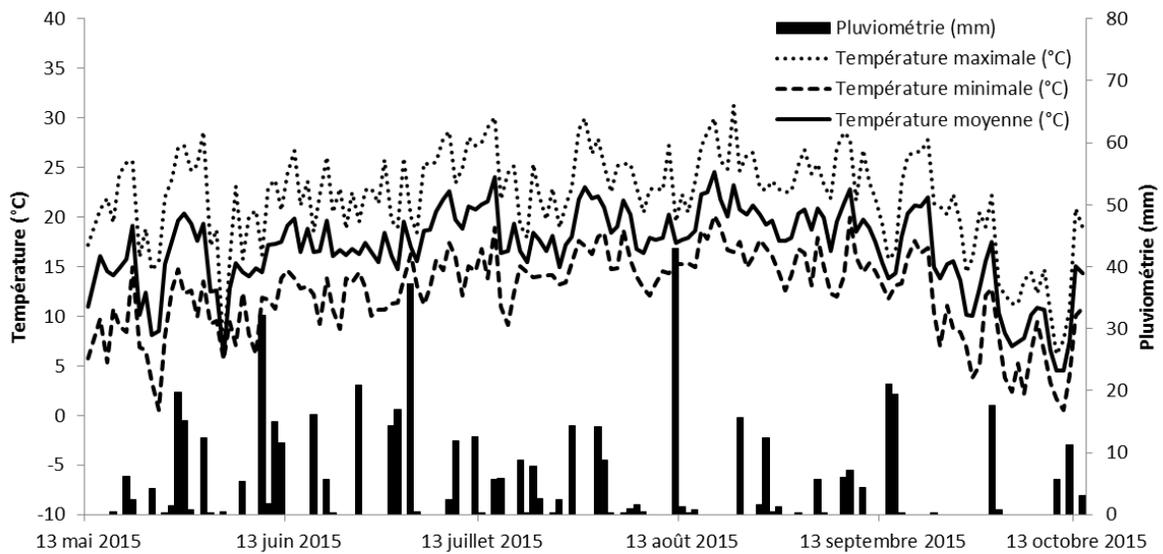


Figure 43. Conditions climatiques 2015 : Ferme François Gosselin

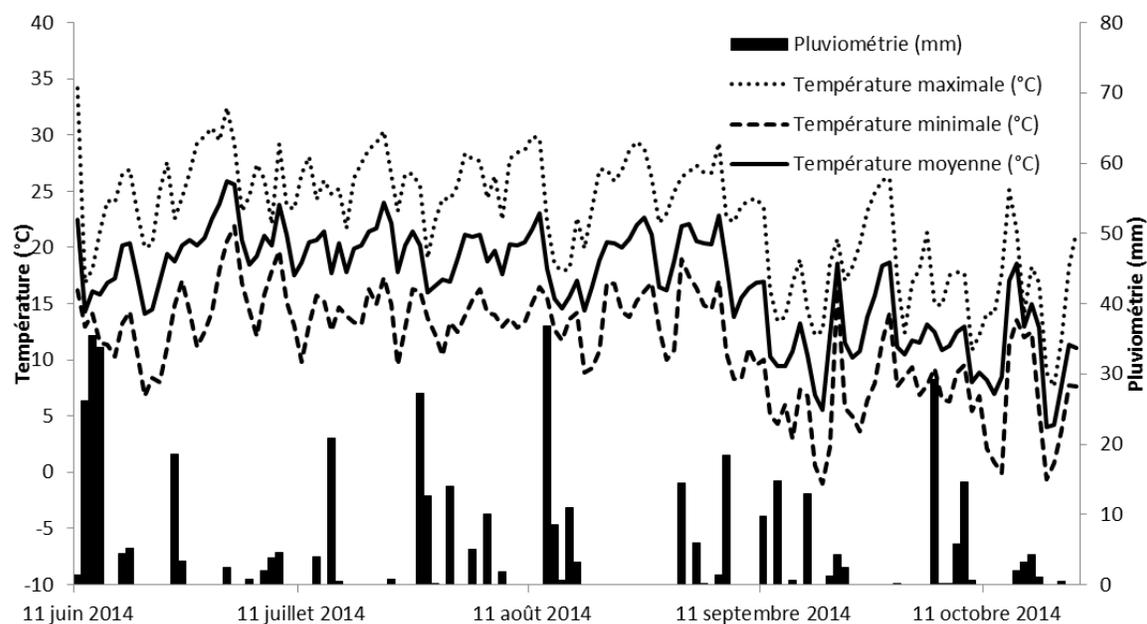


Figure 44. Conditions climatiques 2014 : Ferme Horticole Gagnon<sup>2</sup>

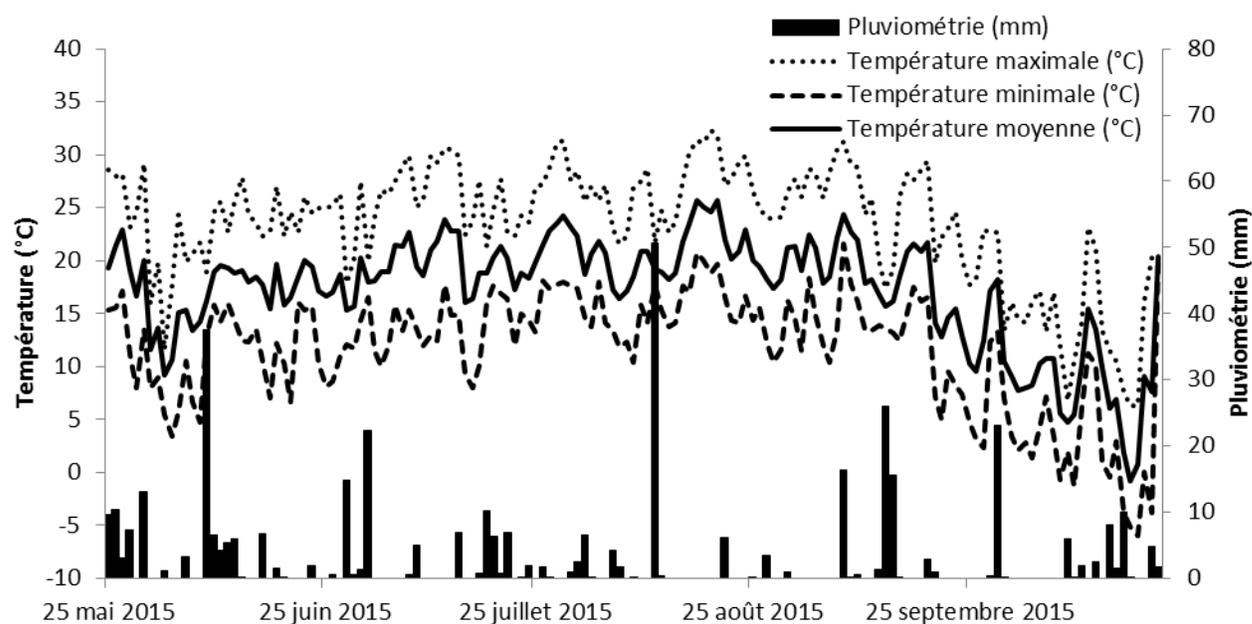


Figure 45. Conditions climatiques 2015 : Ferme Horticole Gagnon

<sup>2</sup> Dues à un problème technique, les valeurs de pluviométrie du 13 août au 21 octobre correspondent à celles d'un pluviomètre localisé à 8 km du champ étudié.

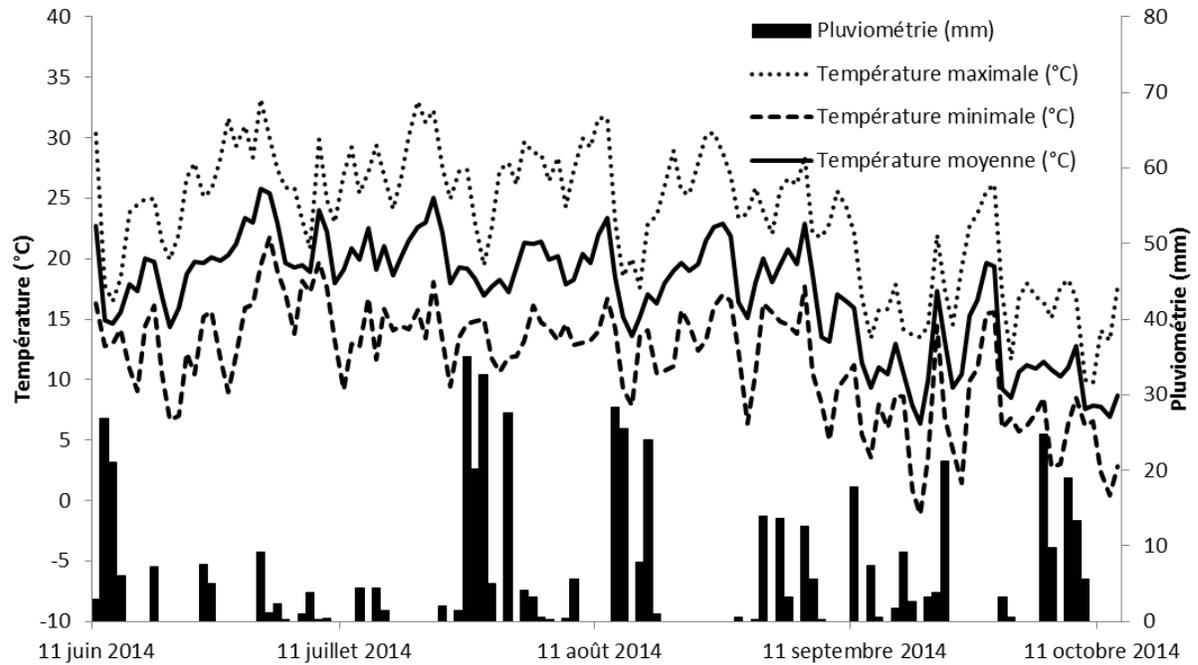


Figure 46. Conditions climatiques 2014 : Ferme Onésime Pouliot

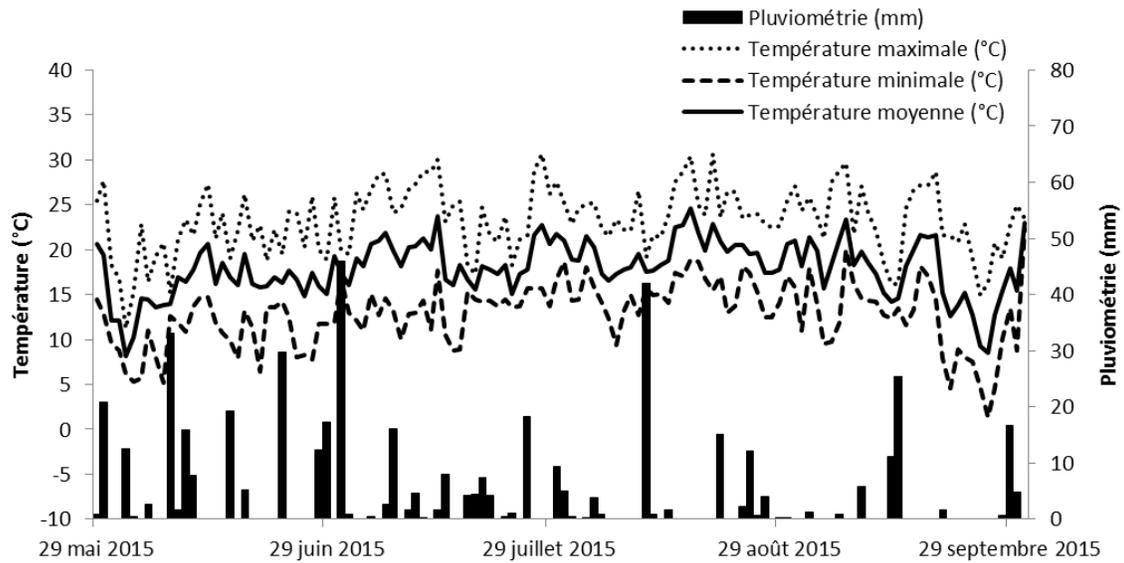


Figure 47. Conditions climatiques 2015 : Ferme Onésime Pouliot

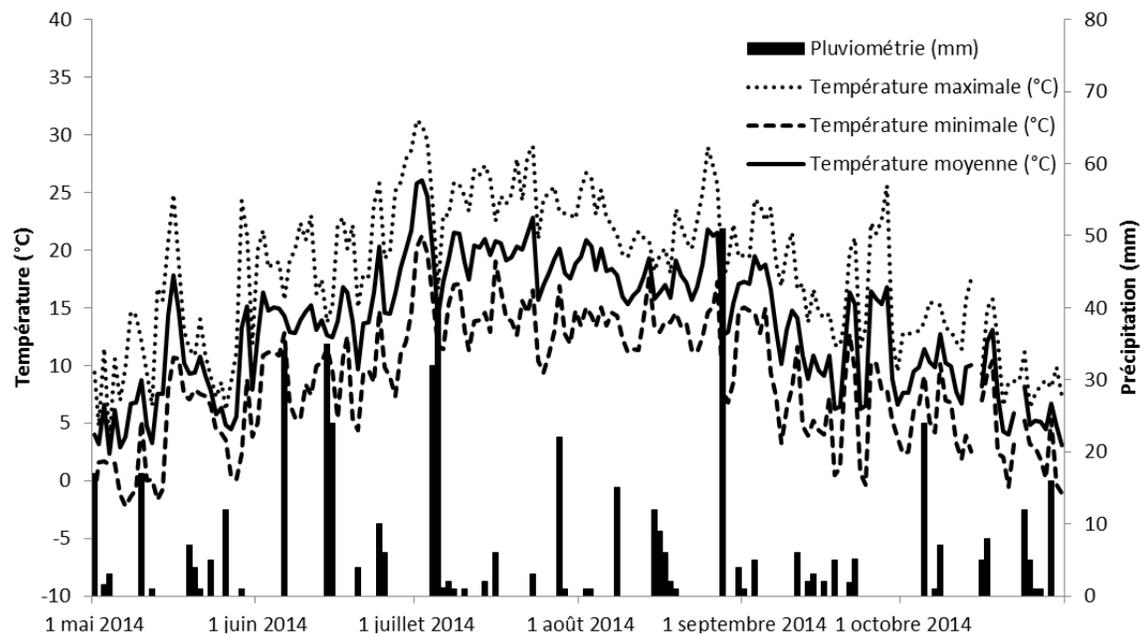


Figure 48. Conditions climatiques 2014 : Ferme Bourdages Tradition<sup>3</sup>

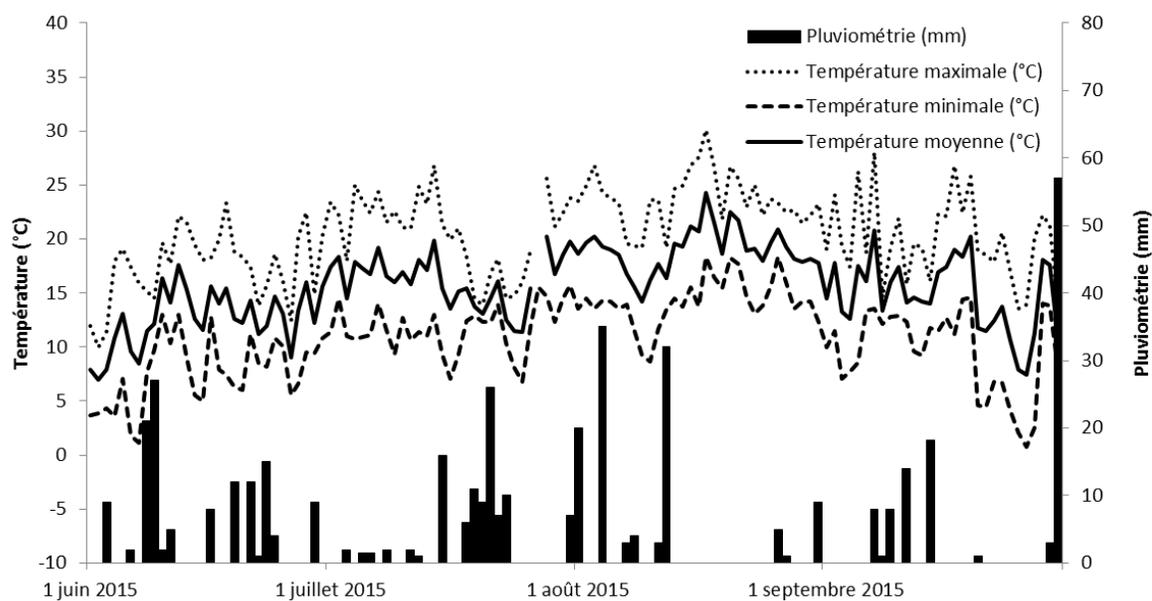


Figure 49. Conditions climatiques 2015 : Ferme Bourdages Tradition<sup>4</sup>

<sup>3, 4</sup> Station New Carlisle 1, Environnement Canada

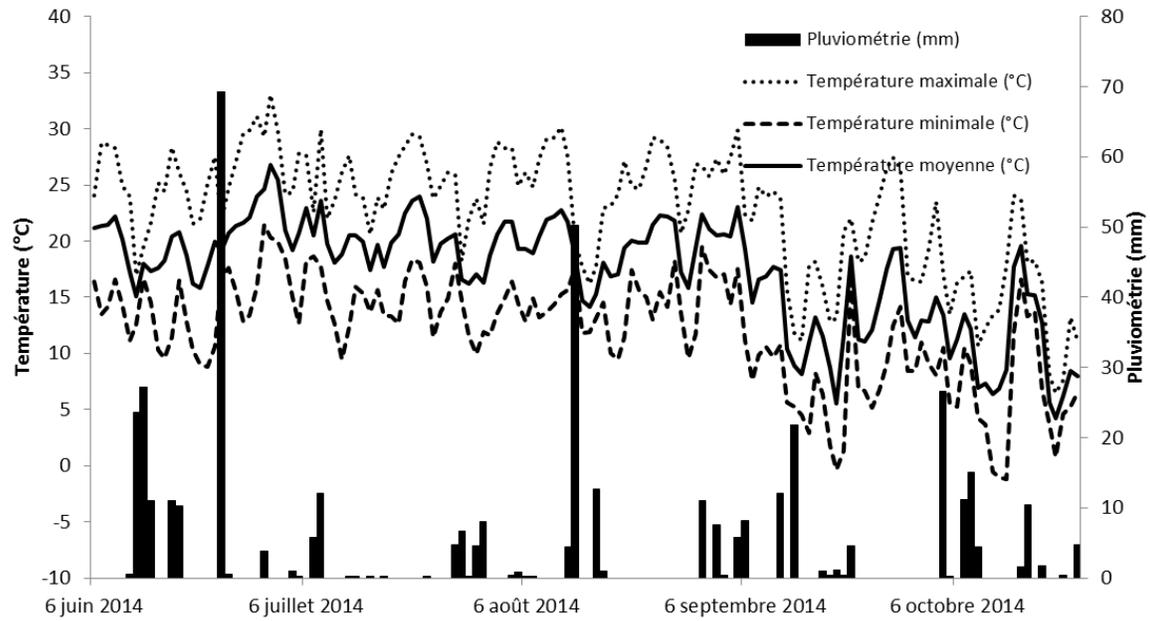


Figure 50. Conditions climatiques 2014 : Fraisebec

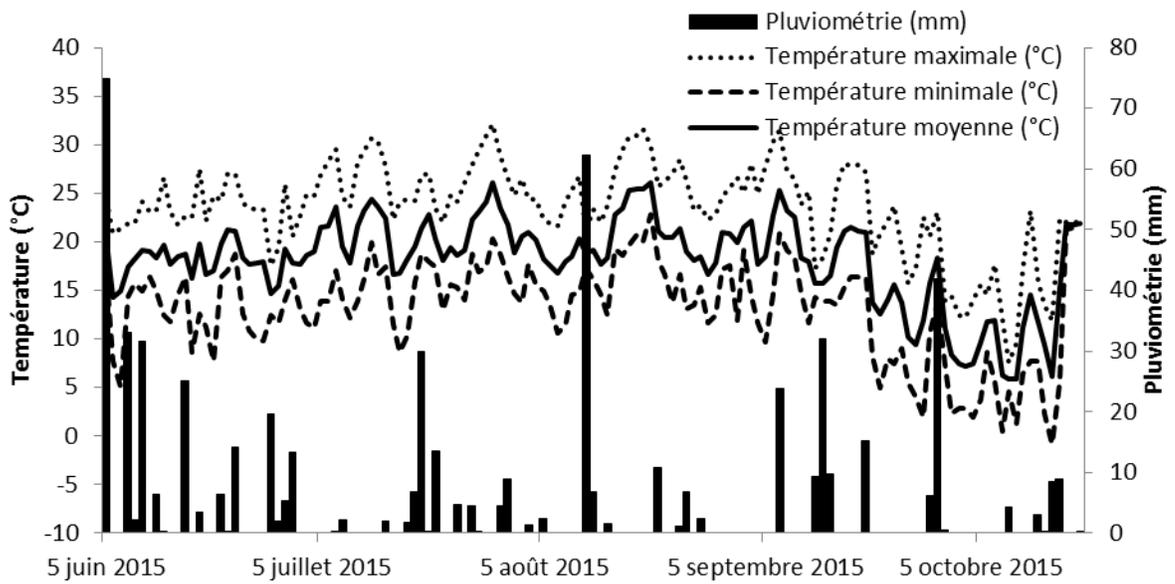


Figure 51. Conditions climatiques 2015 : Fraisebec

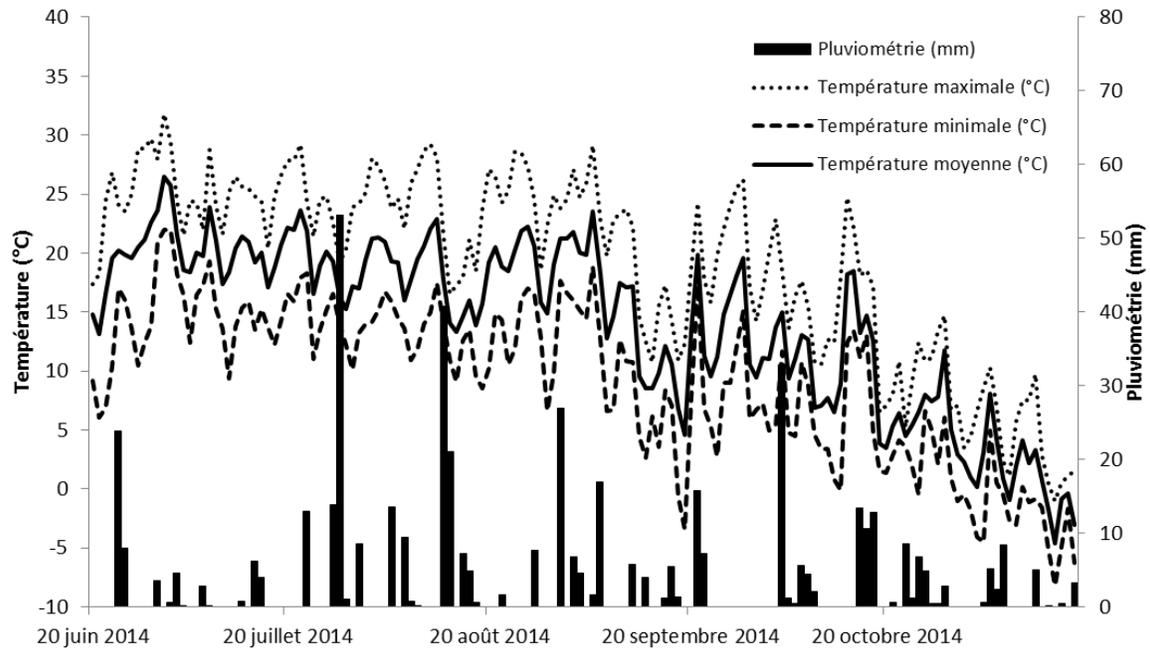


Figure 52. Conditions climatiques 2014 : Fraisière Talfor

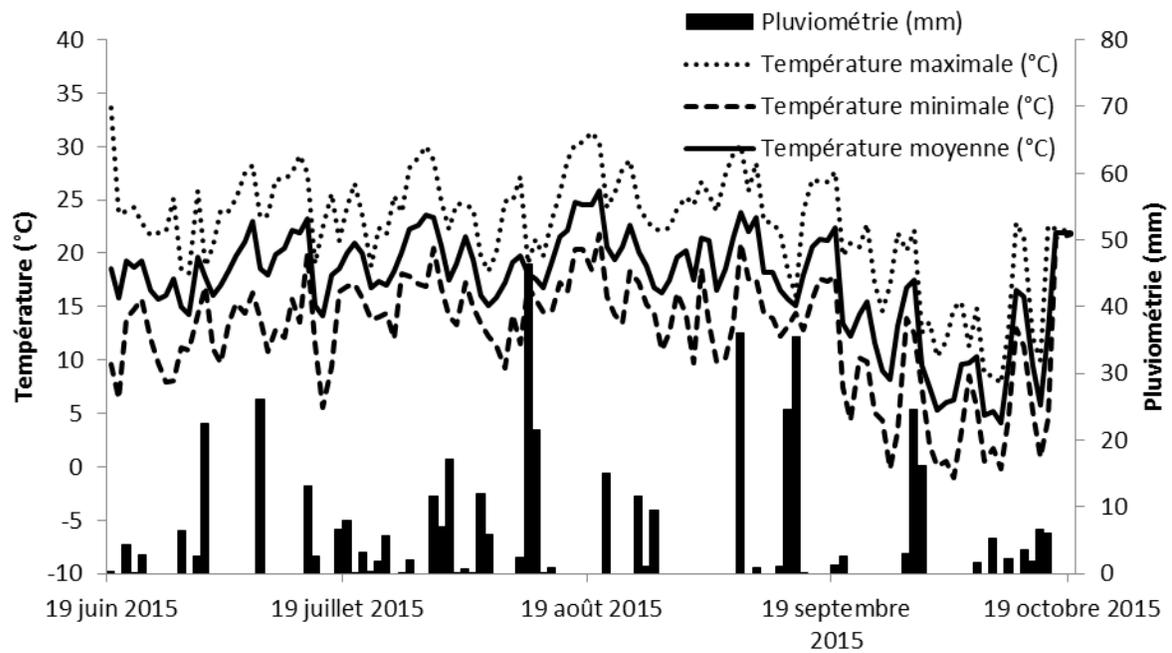


Figure 53. Conditions climatiques 2015 : Fraisière Talfor

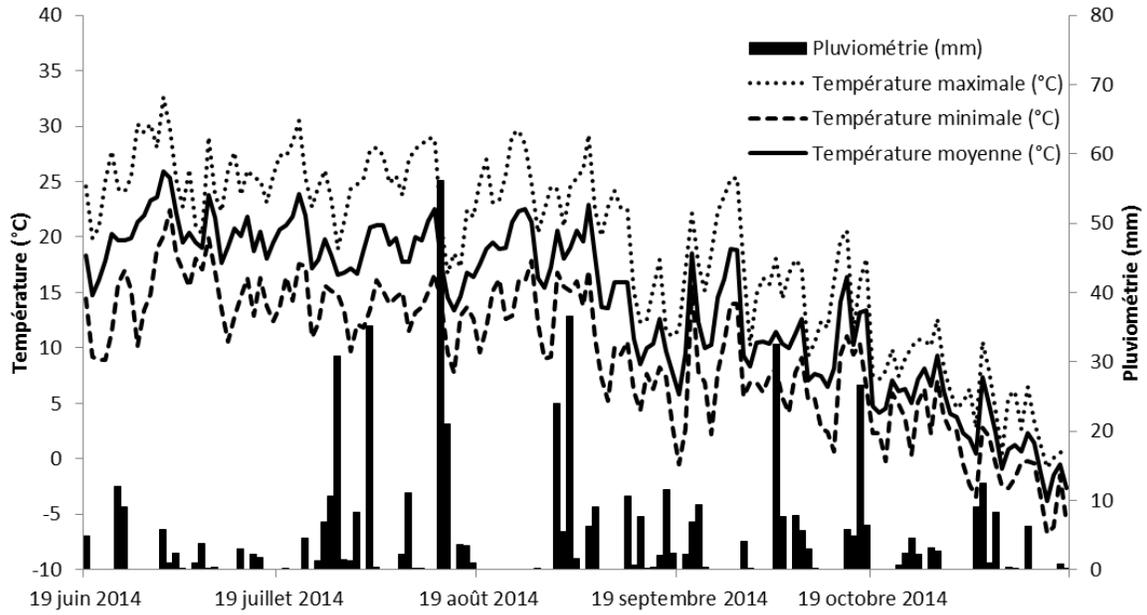


Figure 54. Conditions climatiques 2014 : Les Productions Horticoles Demers

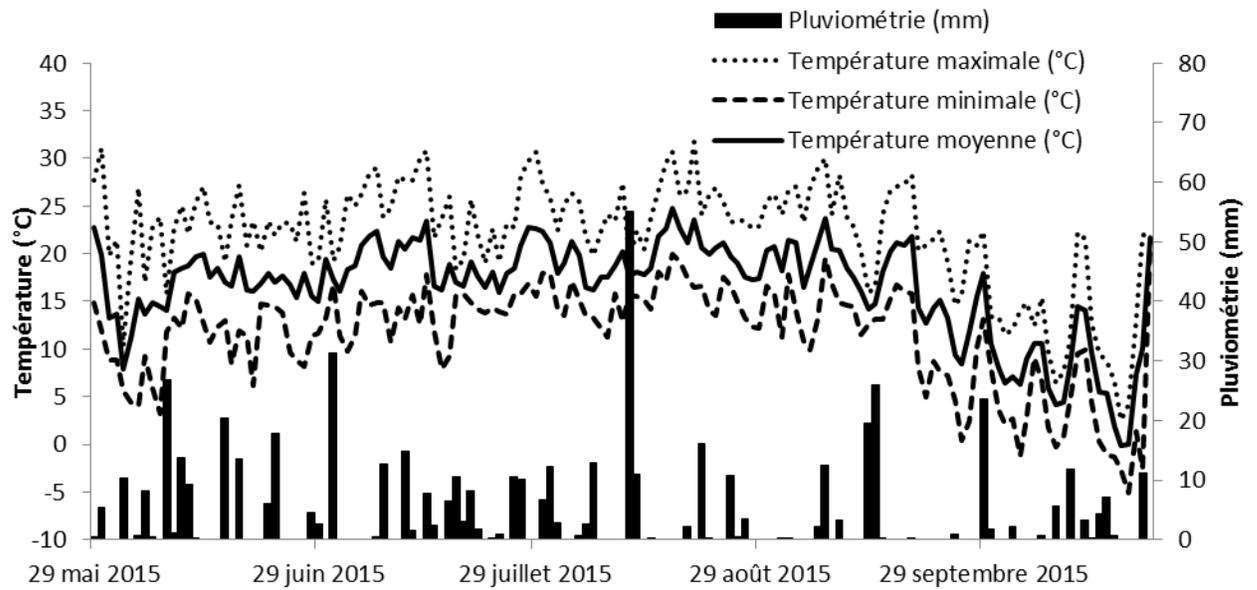


Figure 55. Conditions climatiques 2015 : Les Productions Horticoles Demers

