



Développer une méthode simple pour prévoir les volumes de fraises qui seront récoltés pour un champ donné de fraisiers à jours neutres

Rapport final

Rapport présenté au :
Conseil pour le développement de l'agriculture
du Québec (CDAQ).

Projet CDAQ # : 6541
Projet IRDA # : 300 057

Rapport élaboré par :
Carl Boivin, agr., M.Sc.
Paul Deschênes, agr., M.Sc.
Daniel Bergeron, agr., M.Sc.

Décembre 2013



Institut de recherche
et de développement
en agroenvironnement

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) s'est engagé à travailler avec des partenaires de l'industrie. Les opinions exprimées dans le présent document sont celles du demandeur et ne sont pas nécessairement partagées par AAC et le CDAQ.

Une partie du financement de ce projet a été assurée par Agriculture et Agroalimentaire Canada, par l'entremise du Programme canadien d'adaptation agricole (PCAA). Au Québec, la part destinée au secteur de la production agricole est gérée par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec.



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) est une corporation de recherche à but non lucratif, 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 des Parcs (MDDEP) et le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE).



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

Le rapport peut être cité comme suit :

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 pages.

Équipe de réalisation du projet :

Répondant et responsable scientifique : Carl Boivin, IRDA
Collaborateurs : Stéphane Nadon, technicien agricole, IRDA
Jérémy Vallée, agr., IRDA
Michèle Grenier, statisticienne, IRDA

Fermes participantes :

Ferme Onésime Pouliot Daniel et Guy Pouliot
Ferme François Gosselin Louis et Gabriel Gosselin

Étudiants d'été :

Alain Marcoux, Julien Vachon, Nicolas Watters, Paul Harrison, David Bilodeau, Simon Gagnon, Antoine Lamontagne, Christopher Lee, Mireille Dubuc, Arianne Blais Gagnon, Hubert Labissonniere et François Douville.

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 # 430
Télécopie : 418 644-6855
Courriel : carl.boivin@irda.qc.ca

Remerciements :

Une partie du financement de ce projet a été assurée par Agriculture et Agroalimentaire Canada, par l'entremise du Programme canadien d'adaptation agricole (PCAA). Au Québec, la part de ce programme destinée au secteur de la production agricole est gérée par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec.

Les auteurs tiennent également à souligner la participation financière à ce projet des conseils d'adaptation agricole de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick, de l'Ontario et de la Colombie-Britannique.

Table des matières

1	AVERTISSEMENT RELATIF À L'UTILISATION DE L'OUTIL DÉVELOPPÉ PAR CE PROJET	1
2	RÉSUMÉ	2
3	INTRODUCTION	3
3.1	Contexte.....	3
3.2	Objectif général	4
3.3	Objectifs spécifiques.....	4
4	MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	5
4.1	Sites expérimentaux, matériel végétal et régie de culture	5
4.2	Collecte des données météorologiques	5
4.3	Caractérisation chimique du sol.....	5
4.4	Suivi de l'état hydrique et de la salinité du sol.....	6
4.5	Caractérisation hebdomadaire des fraisiers et récolte des fruits.....	6
4.6	Contenu en matières sèches des fraisiers.....	8
5	RÉSULTATS ET ANALYSE	9
5.1	Étudier la corrélation entre des variables permettant de caractériser le développement du fraisier.....	13
5.2	Formuler des prévisions de rendements basées sur la caractérisation hebdomadaire de fraisiers	15
5.3	Mesurer la précision des prévisions.....	15
5.3.1	Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes en 2013.	15
5.3.2	Rendement total cumulatif mesuré et prévu à la saison 2013 – Équation 1.16	
5.3.3	Rendement total mesuré et prévu à la saison – Équation 1.	18
5.3.4	Variation temporelle du nombre de jours entre la fleur et le fruit rouge récolté et le poids moyen de ce dernier	20
5.4	Proposer une méthodologie adaptée à la production commerciale	23
5.4.1	Détermination des périodes utilisées pour produire les prévisions selon le nombre de jours moyen entre la fleur et le fruit rouge récolté	24
5.4.2	Prévoir le nombre moyen de fruits rouges par plants pour une période donnée.....	25
5.4.3	Prévoir le poids moyen de fruits rouges par plants cumulatif pour une période donnée.....	28
5.4.4	Prévision du poids qui sera récolté	30
5.4.5	Validation des équations 2 et 3 pour la saison 2013.....	31
5.4.6	Validation des équations 2, 3 et 4 pour la saison 2012.....	33
5.4.7	Méthode de prévision proposée pour le cultivar de fraisier <i>Seascape</i>	36
5.5	Évaluer le potentiel de valorisation des prévisions dans la répartition des doses de fertigation durant la saison.....	38
5.6	Évaluation du temps nécessaire à l'utilisation de l'outil	39
6	CONCLUSION.....	40
7	BIBLIOGRAPHIE.....	41
8	Diffusion des résultats.....	42
9	ANNEXES	43

Listes des figures

Figure 1. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Laurent en 2012.	10
Figure 2. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Jean en 2012.....	10
Figure 3. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Laurent en 2013.	11
Figure 4. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Jean en 2013.....	11
Figure 5. Évapotranspiration potentielle (ETp) calculée quotidiennement (mm) - Site Saint-Laurent en 2012.....	12
Figure 6. Évapotranspiration potentielle (ETp) calculée quotidiennement (mm) - Site Saint-Laurent en 2013.....	12
Figure 7. Relation entre le nombre de fruits rouges par plant lors d'une récolte et le poids total (g) en fruits y correspondants - Saison 2012.	13
Figure 8. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 1.	17
Figure 9. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 2.	17
Figure 10. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 3.	17
Figure 11. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 4.	17
Figure 12. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 1.....	19
Figure 13. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 2.....	19
Figure 14. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 3.....	19
Figure 15. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 4.....	19
Figure 16. Nombre de jours entre la fleur ouverte et le fruit rouge récolté selon le champ et la période - Saison 2013.....	21
Figure 17. Nombre de jours entre la fleur ouverte et le fruit rouge récolté selon le champ et la période - Saison 2012.....	21
Figure 18. Poids moyen des fruits récoltés (g) selon le champ et la période - Saison 2013.	22
Figure 19. Poids moyen des fruits récoltés (g) selon le champ et la période - Saison 2012.	22
Figure 22. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 1.....	32
Figure 23. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 2.....	32
Figure 24. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 3.....	32

Figure 25. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 4.....	32
Figure 27. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 1.....	35
Figure 28. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 2.....	35
Figure 29. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 3.....	35
Figure 30. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 4.....	35
Figure 31. Filet protecteur utilisé.....	43
Figure 32. Ruban de couleur utilisé pour identifier les pédicelles.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1. Relevés (R) hebdomadaires selon la saison.	7
Tableau 2. Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes en 2013.	15
Tableau 3. Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes de 2013 réaménagées à postériori.	24
Tableau 4. Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes de 2012 réaménagées à postériori.	24
Tableau 5. Nombre total de fruits verts comptés sur 60 plants (A), moyen par plant (B) et cumulatif moyen par plant (C) selon la période – Exemple fictif.	25
Tableau 6. Nombre moyen de fruits verts cumulatifs par plant (C) et nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif prévu (D) – Exemple fictif.	27
Tableau 7. Nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif mesuré (D) et poids moyen de fruits rouges par plant cumulatif prévus (E) – Exemple fictif.	29
Tableau 8. Poids moyen de fruits rouges par plant cumulatif prévu (E) et le poids moyen par plant prévu (F) – Exemple fictif.	30
Tableau 9. Périodes relatives aux décomptes de fruits terrains et périodes de prévisions en poids total s’y rattachant selon le nombre de jours fleur-fruit pour la période de la saison.	36
Tableau 10. Étapes à suivre afin de produire, à partir d’un décompte de fruits verts réalisé sur 60 fraisiers, une prévision de poids en fruits rouges total à l’hectare, 21 à 34 jours à l’avance.	37

Liste des équations

Équation 1. $y = 8,402x + 3,459$	14
Équation 2. $y = -0,0008x^2 + 0,4372x$	26
Équation 3. $y = -0,01x^2 + 13,262x + 0,498$	28
Équation 4. $y = -0,0363x^2 + 11,904x + 5,0668$	33

1 AVERTISSEMENT RELATIF À L'UTILISATION DE L'OUTIL DÉVELOPPÉ PAR CE PROJET

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 être utilisées à des fins informatives seulement. Cet outil ne considère pas les facteurs biotiques et abiotiques, pouvant influencer la culture entre les dates de l'établissement de la prévision et la récolte s'y rattachant.

2 RÉSUMÉ

Les fraises produites au Québec ont généralement une place de choix sur les tablettes durant la saison estivale dans les chaînes en alimentation. Or, la mise en marché des fruits révèle plusieurs défis. Parmi ceux-ci, les producteurs de fraises du Québec doivent, hebdomadairement, garantir aux chaînes un volume de fruits donnés, et ce, trois semaines à l'avance. Cette exigence découle, entre autres, des délais nécessaires à la préparation des circulaires. De plus, cette étape est déterminante dans le processus de fixation du prix de vente. Pour ce faire, les producteurs se basent principalement sur les rendements historiques, mais la fiabilité de cette démarche est inégale. Afin de maintenir les parts de marché des fraises produites au Québec, une démarche impliquant le développement d'une approche prévisionnelle des rendements a été mise en place. Cette dernière est basée sur la considération de facteurs mesurables au champ et les premiers essais ont eu lieu à l'été 2011. Ce projet de recherche, qui s'est terminé à l'automne 2013, a eu lieu chez deux entreprises situées à l'Île d'Orléans dans des champs en production commerciale de fraises à jours neutres (Seascope).

Les premières prévisions de rendements performantes ont été produites à l'été 2013. La démarche reposait alors sur la détermination hebdomadaire du nombre de nouveaux fruits verts par plant pour une période donnée. Cependant, le nombre de nouveaux fruits verts par plant est difficile à déterminer en conditions de production commerciale. La méthodologie proposée repose maintenant sur un simple décompte hebdomadaire de fruits verts sur 60 fraisiers choisi aléatoirement à l'intérieur d'un champ donné.

Des périodes de décompte de fruits verts ont été jumelées à des périodes de récoltes selon la variation temporelle, durant la saison, du nombre de jours s'écoulant entre la fleur ouverte et la récolte du fruit rouge. À partir de ce décompte, un nombre moyen de fruits rouges par plant peut être estimé et à partir de cette estimation, un poids moyen en fruits par plant qui sera récolté peut être prévu.

Réalisées a posteriori avec les décomptes effectués, les prévisions produites pour la saison 2013 sont semblables aux rendements mesurés. Toujours à posteriori, les prévisions produites pour la saison 2012 sont moins performantes que celles produites pour la saison 2013, mais gagnent en précisions lorsqu'une équation issue spécifiquement des résultats de 2012 est utilisée. Les conditions météorologiques qui ont eu cours durant ces deux saisons sont différentes et les prévisions peuvent difficilement en tenir compte lorsque la prévision est réalisée. La production de deux prévisions, basées sur des équations éprouvées, l'une « optimiste » et une seconde « conservatrice » pourrait diminuer la variabilité conséquente aux conditions météorologiques qui ont cours entre la prévision et la récolte.

3 INTRODUCTION

3.1 Contexte

Au Québec, les principales chaînes de distribution alimentaire s'approvisionnent majoritairement en fraises produites aux États-Unis et au Mexique. Cependant, durant la saison estivale, de juin à octobre, celles produites au Québec sont favorisées. La mise en marché demeure toutefois difficile. En effet, les producteurs doivent, hebdomadairement, garantir aux chaînes le volume de fruits qui seront récoltés, et ce, trois semaines à l'avance. Cette exigence découle, entre autres, des délais nécessaires à la préparation des circulaires. Ces prévisions sont déterminantes dans le processus qui mène à fixer le prix de vente. Conséquemment, si les volumes prévus sont élevés, cela exercera une pression à la baisse sur le prix de la boîte (unité de vente). Inversement, si les volumes prévus sont faibles, le prix de vente tendra à être plus élevé. La loi de l'offre et de la demande devrait suffire pour ajuster le prix de vente, advenant un déséquilibre par rapport à l'offre, mais le prix étant fixé à l'avance, elle ne peut pas rééquilibrer le marché. En plus d'être utiles à la mise en marché, des prévisions performantes pourraient être utiles dans la planification des ressources humaines et possiblement dans l'élaboration du programme de fertigation.

Contrairement à d'autres productions où la récolte est unique ou que cette dernière puisse être entreposée pour une période prolongée (choux, carotte, pomme, pommes de terre, etc.), la fraise se récolte plusieurs fois par semaine, les rendements sont variables et elle est très périssable. Ces particularités sont défavorables à la mise en marché de la fraise.

Un autre fruit produit au Québec, la framboise, est l'exemple d'un secteur de production dont les parts de marchés dans les chaînes diminuent. Effectivement, cette dernière sort peu à peu des supermarchés au profit de la framboise importée. Ce secteur ne parvient donc pas à répondre aux exigences des grandes chaînes. Par ailleurs, la qualité des fruits importés est excellente. Le bleuet en corymbe est un autre exemple de fruit importé qui occupe une place importante sur les tablettes. Le type de mise en marché qui a cours dans ce secteur, principalement dirigé vers l'autocueillette, explique en partie cette situation.

Actuellement, l'évaluation des volumes de fruits qui seront récoltés est basée sur les rendements historiques des saisons antérieures. Il serait donc novateur de prévoir le volume de fruits qui seront récoltés selon une approche basée sur la considération de facteurs quantitatifs de l'année en cours.

Les modèles prévisionnels ayant trait à la fraise, publiés dans la littérature, sont peu utiles pour résoudre la présente problématique. Ces modèles intègrent les conditions météorologiques actuelles ou historiques à leurs calculs, ce qui implique une portée très courte des prévisions (Doving et Mage, 2001; Mackenzie et Chandler, 2009). Les résultats d'une autre étude proposent une méthode pour prévoir le moment où le pic de production se produirait (Chandler et Mackenzie (2004). De plus, les modèles qui intègrent des données historiques ou des valeurs moyennes à un secteur entier ignorent les conditions spécifiques à un site. Enfin, de la recherche financée par ses entreprises privées, comme Driscoll aux États-Unis, est effectuée dans ce domaine, mais les résultats ne sont pas disponibles et les conditions culturelles sont différentes de celles du Québec.

3.2 Objectif général

Le projet vise à améliorer la rentabilité et la capacité concurrentielle du secteur de la fraise en améliorant la mise en marché des fruits par le développement d'une méthode de prévision des volumes récoltés hebdomadairement permettant de mieux coordonner les récoltes avec les ventes.

3.3 Objectifs spécifiques

- Étudier la corrélation entre plusieurs variables permettant de caractériser le développement du fraisier;
- Formuler des prévisions de rendements basées sur la caractérisation hebdomadaire de fraisiers;
- Mesurer la précision des prévisions;
- Proposer une méthodologie adaptée à la production commerciale;
- Évaluer le potentiel de valorisation des prévisions dans la répartition des doses de fertigation durant la saison.

4 MATÉRIEL ET MÉTHODE

4.1 Sites expérimentaux, matériel végétal et régie de culture

Les quatre sites expérimentaux ont été implantés chez deux entreprises spécialisées dans la production commerciale de fraises à jours neutres. Ces entreprises sont localisées à l'Île-d'Orléans (Canada, Québec), l'une à Saint-Laurent (46° 52' N, 71° 01' O) et l'autre à Saint-Jean (46° 55' N, 70° 54' O). Chacun des sites a été implanté dans un champ distinct et il était composé de 5 parcelles de 12 fraisiers, pour un total de 60 fraisiers par site et 2 sites par entreprise.

Les fraisiers, cultivar *Seascape*, étaient cultivés sur des buttes de sol 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 du producteur 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. Enfin, les analyses qui ont été effectuées sont des régressions.

4.2 Collecte des données météorologiques

La pluviométrie (pluviomètre HOBO, modèle RG3-M) a été mesurée aux deux sites expérimentaux. Une station météorologique, installée au site de Saint-Laurent, a permis de mesurer la température et l'humidité relative (HC-S3, Campbell Scientific), les épisodes de pluie (*Leaf wetness sensor*, Model 237 Campbell Scientific), la radiation solaire (LI-200SZ, LI-COR) ainsi que la vitesse et la direction du vent (*Wind monitor*, Young Model 05103-10). Ces données étaient enregistrées dans un acquiiseur de données (CR10X, Campbell Scientific) (mesures moyennes enregistrées aux 15 minutes provenant de mesures effectuées aux 15 secondes). L'équation de Penman-Montheith (ASCE, 2005) a été utilisée pour calculer les valeurs d'évapotranspiration potentielle (Etp).

4.3 Caractérisation chimique du sol

Au terme de la saison de production, un échantillon de sol par parcelle a été prélevé dans la strate 0-20 cm. Les sols ont été tamisés à 2 mm puis séchés à l'air à 21 °C. Le pH_{eau} est mesuré dans un rapport sol/eau 1:1 (Conseil des Productions Végétales du Québec, 1988). Le contenu en matière organique (MO) totale a été mesuré selon la méthode d'oxydation par voie humide de Walkley Black (Allison, 1965). Le phosphore (P) et les éléments mineurs ont été extraits dans une solution Mehlich-3 (Tran et Simard, 1993) et dosés à l'ICP optique. L'azote minéral a été extrait au KCl 2M avec un ratio d'extraction de 10 sous une agitation d'une heure. L'extrait obtenu a été filtré puis analysé en colorimétrie automatisée à flux segmenté (Technicon) (Isaac et Johnson, 1976). La teneur en sels solubles du sol en fin de saison est estimée en mesurant la conductivité d'une solution de sol à l'aide d'un conductimètre. La solution provient d'un mélange sol:eau de rapport pondéral 1:2.

4.4 Suivi de l'état hydrique et de la salinité du sol

En continu durant la saison de culture, la tension de l'eau dans le sol de quelques parcelles expérimentales a été mesurée avec des tensiomètres HORTAU (modèle Tx-80). Les données étaient enregistrées avec le logiciel Irrolis-Light (version 1.9) de HORTAU. Certaines parcelles étant hors de portée du système de communication sans fil, conséquent à l'utilisation de ce modèle de tensiomètres, les valeurs de tension étaient consignées manuellement lors du suivi hebdomadaire.

Des sondes, mesurant la conductivité électrique (CE) (dS/m) de la matrice les entourant, ont été utilisées afin de déterminer l'évolution de la salinité de la solution du sol dans la zone de sol sous portée d'action du système d'irrigation (5TE, DECAGON). Cette mesure est la conductivité électrique apparente (σ_b). Ces sondes mesurent la CE grâce au principe de capacitance. Par site expérimental, cinq sondes 5TE étaient utilisées, soit deux dans un champ et trois dans l'autre. Chaque sonde était installée dans une parcelle sous le tube de goutte-à-goutte à 30 cm de profondeur. Parmi ces dernières, une par site expérimental était connectée à un acquiiseur de données (Em50, DECAGON) qui mesurait la valeur de conductivité électrique aux 15 minutes pour l'ensemble de la saison.

4.5 Caractérisation hebdomadaire des fraisiers et récolte des fruits

Un seul relevé (R1) était réalisé hebdomadairement en 2011. Ce dernier consistait, dès la plantation, à compter les feuilles des fraisiers jusqu'à ce que leur nombre atteigne neuf. Toujours pour chacun des fraisiers, le nombre de fleurs, de fruits verts et de fruits mûrs a été compté selon la cyme sur laquelle ces derniers étaient et selon leur niveau hiérarchique (primaire, secondaire et tertiaire). Il est à noter que le nombre de fruits mûrs était obtenu lors de leur classement. Aussi, le nombre de jours entre l'ouverture de la fleur et le fruit mûr était aussi obtenu lors de la récolte, à l'aide des pédicelles qui avaient été identifiés alors qu'ils supportaient une fleur nouvellement ouverte.

Un second relevé (R2) a été ajouté en 2012 et le R1 a été simplifié. Le nombre de fleurs, de fruits verts et de fruits mûrs a été, comme auparavant, compté selon la cyme qui les supporte, mais sans égard à leur position sur cette dernière (primaire, secondaire ou tertiaire). Le R2 consistait à compter le nombre total de fleurs et de fruits verts selon la parcelle, soit sur un total de 12 fraisiers.

En 2013, il y avait toujours deux relevés hebdomadaires, mais ces derniers étaient identiques et ne comptabilisaient que le nombre de cymes et de fruits verts par fraisier. De plus, le nombre de fruits était obtenu lors de leur récolte et l'identification de pédicelles, pour le nombre de jours fleur-fruit, était réalisée lors du R1. Toujours en 2013, un troisième relevé (R3) a été ajouté à l'horaire de la semaine. Ce dernier était réalisé lors du R2 et il consistait à compter le nombre total de fruits verts sur un fraisier choisi au hasard dans le champ. Cette manœuvre était répétée à 60 reprises pour chacun des champs. Le contenu des relevés selon la saison est présenté Tableau 1.

En ce qui a trait aux récoltes des fruits mûrs en 2011, les épisodes étaient déterminés selon ceux des producteurs ou une journée les précédents. Cette façon de faire avait comme objectif d'éviter la cueillette accidentelle de fruits de la part des cueilleurs

employés par l'entreprise. Les fruits récoltés étaient pesés individuellement puis classés en fonction de leur poids et défaut. Les fruits commercialisables qui avaient un poids de six grammes ou plus ont été considérés dans la catégorie « vendable » et ceux inférieurs à six grammes dans la catégorie « petit ». Les fruits difformes ou démontrant des dommages biotiques ou abiotiques sont considérés dans la catégorie « autre ». En 2012 et 2013, les parcelles ont été recouvertes d'un filet (maille de 4,5 cm) afin d'empêcher la cueillette accidentelle des fruits par les employés de l'entreprise (Figure 28). Les récoltes étaient alors effectuées lors des relevés ayant trait à la caractérisation des fraisiers.

Tableau 1. Relevés (R) hebdomadaires selon la saison.

Niveaux		2011	2012		2013		
		R1	R1	R2	R1	R2	R3
Par fraiser - Nombre							
Feuille (max 9)		X	X				
Cyme					X	X	
Fleur/Cyme	Primaire	X					
	Secondaire	X					
	Tertiaire	X					
	Sans égard		X				
Fruit vert					X	X	
Fruit vert/Cyme	Primaire	X					
	Secondaire	X					
	Tertiaire	X					
	Sans égard		X				
Fruit mûr					X	X	
Fruit mûr/Cyme	Primaire	X					
	Secondaire	X					
	Tertiaire	X					
	Sans égard		X				
Par fraiser – Poids							
Fruit mûr					X	X	
Fruit mûr/Cyme	Primaire	X					
	Secondaire	X					
	Tertiaire	X					
	Sans égard		X				
Par parcelle de 12 fraisiers – Nombre							
Fleur				X			
Fruit vert				X			
Jours entre la fleur et le fruit rouge récolté		X	X	X			
Par champ – 60 fraisiers – Nombre							
Fruit vert							X

4.6 Contenu en matières sèches des fraisières

Le contenu en matières sèches des fraisières a été mesuré suivant la dernière récolte des fruits. Pour ce faire, les fraisières ont été coupées à leur base, dépouillées des fruits verts qu'elles portaient et introduites dans des sacs individuels pour en faciliter le transport et le séchage. Enfin, les fraisières ont été séchées à 105 °C jusqu'à ce que leur poids soit stable et ont ensuite été pesées individuellement. Cette mesure permet d'exercer un certain contrôle de qualité en pouvant apporter une explication à l'obtention de données aberrantes, car le poids en matière sèche d'une fraisière est corrélé avec le rendement total en fruits.

5 RÉSULTATS ET ANALYSE

La pluviométrie et la température minimale, maximale et moyenne ont été mesurées quotidiennement en 2012 et 2013 au site St-Laurent et St-Jean et les valeurs sont présentées graphiquement (Figure 1 à Figure 4). De plus, les valeurs quotidiennes d'évapotranspiration potentielle (ETp), calculées avec les données issues de la station météorologique située au site de St-Laurent, sont présentées graphiquement (Figure 5 et Figure 6). La valeur d'ETp est une indication de la hauteur d'eau du sol qui est perdue via l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration de l'eau via la plante. Le volume d'eau perdu est fonction de l'intensité des conditions météorologiques. À partir du moment où la demande en ETp excède ce que la plante peut facilement utiliser, cette dernière peut se retrouver en situation de stress hydrique et thermique.

Lorsque les valeurs d'ETp quotidiennes des deux saisons sont comparées, il appert que le nombre de journées où la plante risque de subir un stress hydrique est supérieur en 2012. Effectivement, du 1^{er} juin au 1^{er} octobre, le nombre de jours où la demande en ETp était située entre 2 et 4 mm et surtout, entre 4 et 6 mm est plus grand en 2012. Conséquemment, le développement du plant a possiblement été plus à risque d'être perturbé en 2012 qu'en 2013.

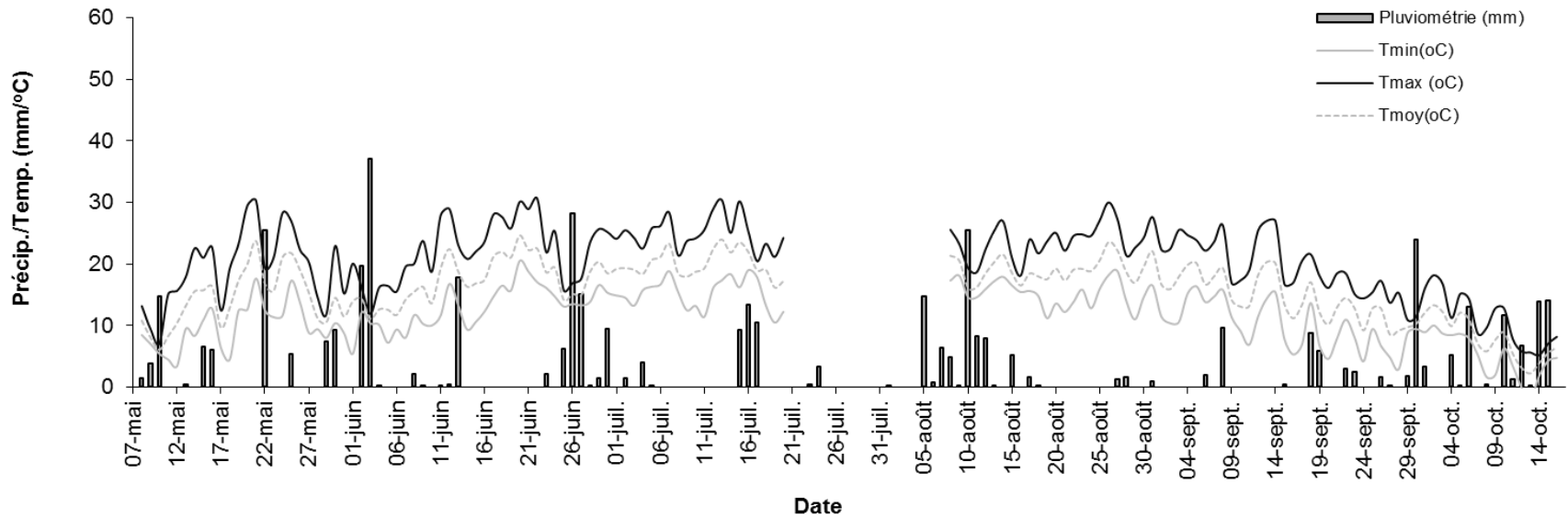


Figure 1. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Laurent en 2012.

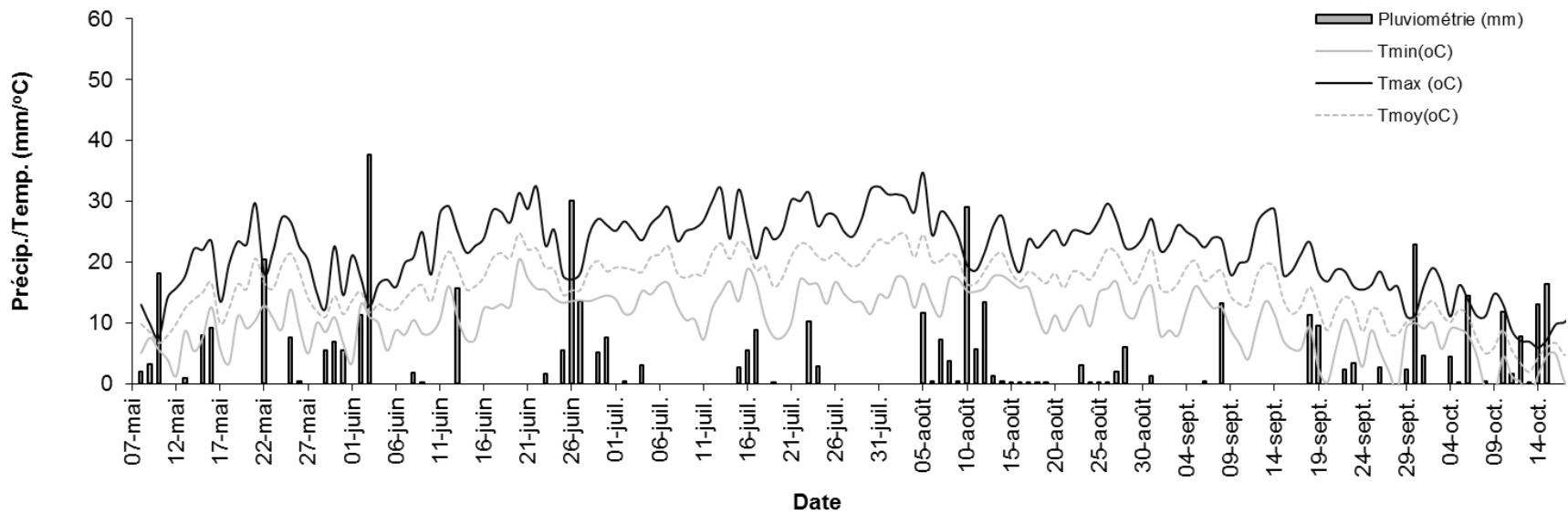


Figure 2. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Jean en 2012.

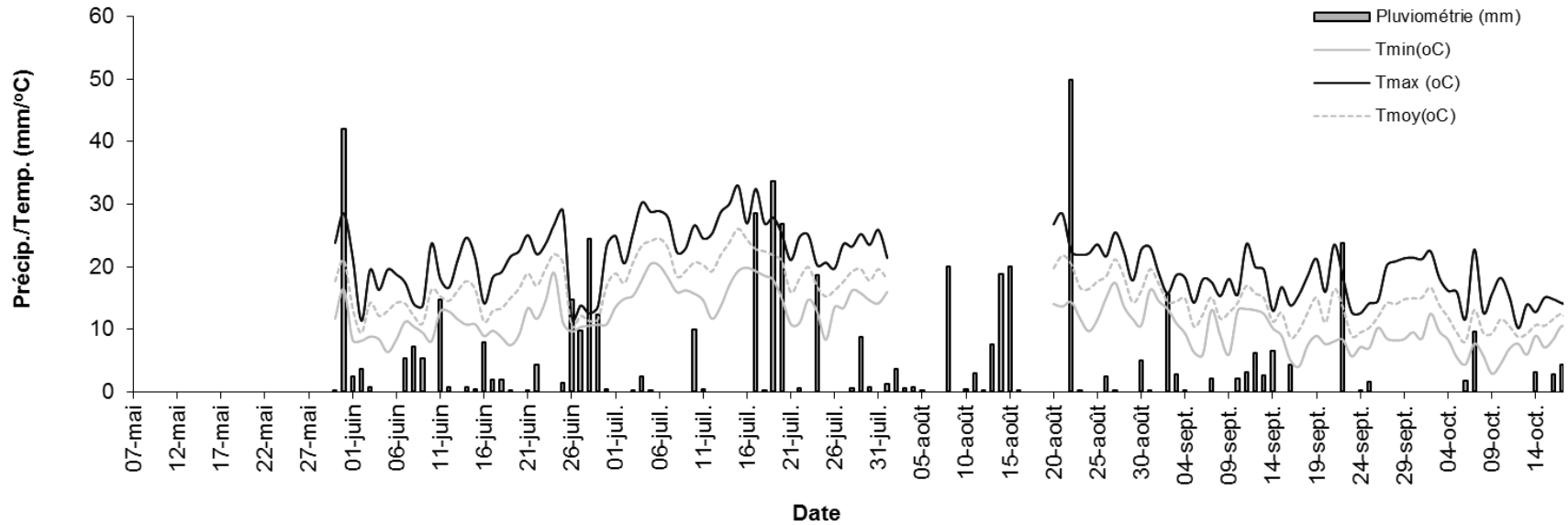


Figure 3. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Laurent en 2013.

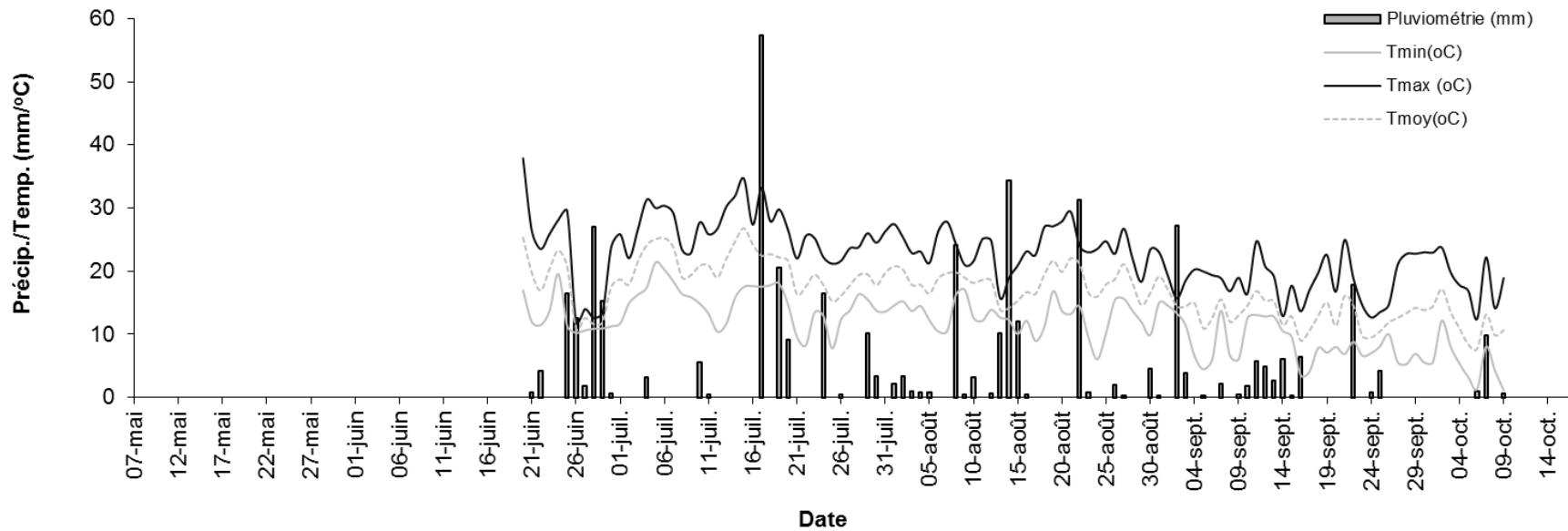


Figure 4. Pluviométrie (mm) et température minimale, maximale et moyenne (°C) mesurées quotidiennement - Site Saint-Jean en 2013.

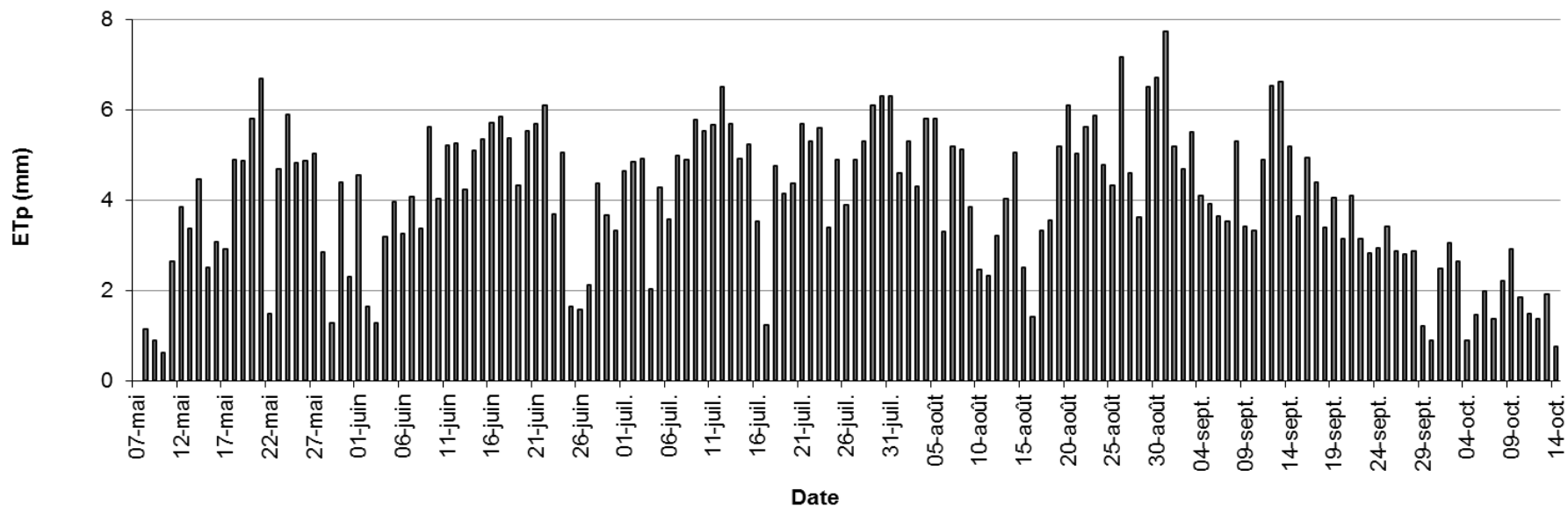


Figure 5. Évapotranspiration potentielle (ETp) calculée quotidiennement (mm) - Site Saint-Laurent en 2012.

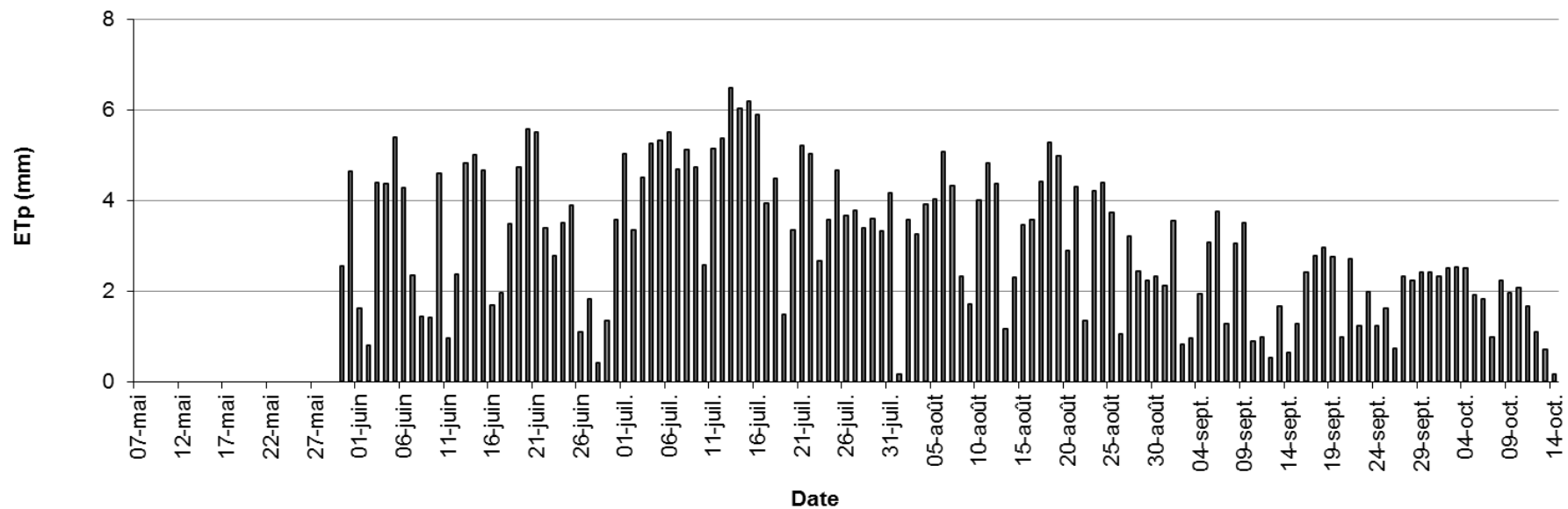


Figure 6. Évapotranspiration potentielle (ETp) calculée quotidiennement (mm) - Site Saint-Laurent en 2013.

5.1 Étudier la corrélation entre des variables permettant de caractériser le développement du fraisier

Le nombre de nouveaux fruits verts par plant pour une période donnée a été identifié comme le paramètre le plus précis pour évaluer les rendements qui seront récoltés. Considérant que chacun des fruits rouges a préalablement été vert et qu'aucun fruit rouge ne sort du système, la force de la relation qui lie ces deux variables devrait être excellente. Toutefois, pour connaître le nombre de nouveaux fruits verts à un moment précis, il faut soustraire du nombre « actuel » de fruits verts, le nombre de fruits verts de la période précédente et le nombre de fruits rouges qui est récolté. Donc, en plus de devoir suivre les mêmes plants, de la plantation jusqu'au terme de la saison, il faut effectuer un suivi en ce qui a trait aux fruits récoltés sur ces plants.

Au terme de la saison 2012, le nombre de fruits rouges récoltés par plant, lors d'une récolte, a été mis en relation avec le poids total en fruits y correspondant. Cette relation implique 35 récoltes et un nombre de relations « nombre-poids » qui pouvait aller jusqu'à 240, soit le nombre de plants par récolte. La relation obtenue est présentée à Figure 7. Cette relation fait intervenir le coefficient de régression R^2 , qui peut être exprimé en pourcentage¹, dont la résultante permet de mesurer l'ordre de grandeur de la relation entre deux variables. Plus ce coefficient est élevé, plus la variation d'un facteur explique la variation du second facteur. Ainsi, la force de la relation est élevée, soit un R^2 de 0,61 ou 78 %. Ce résultat est d'autant plus intéressant qu'il inclut l'ensemble des sites à l'étude.

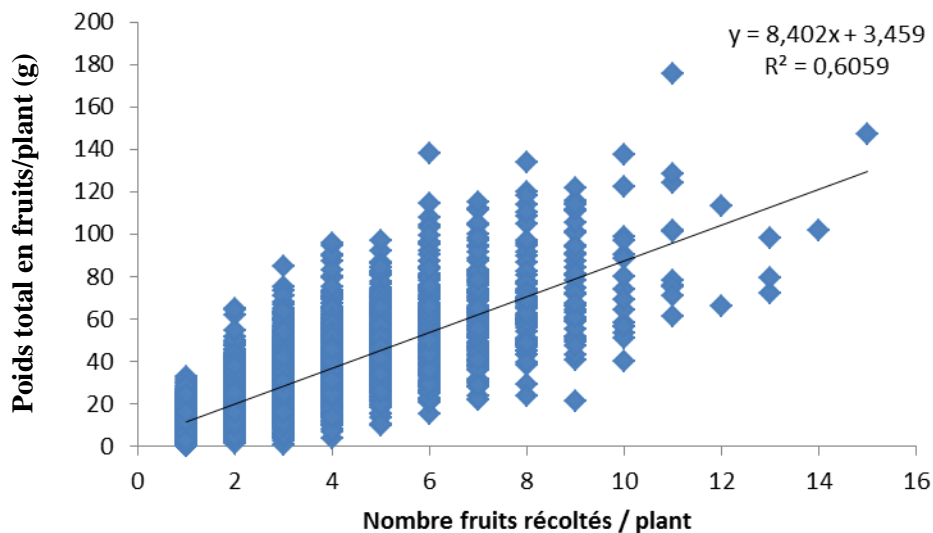


Figure 7. Relation entre le nombre de fruits rouges par plant lors d'une récolte et le poids total (g) en fruits y correspondants - Saison 2012.

¹ Il faut extraire la racine carrée du coefficient R^2 pour obtenir la correspondance en pourcentage. Par exemple, un R^2 de 0,6059 équivaut à 78 %.

L'équation générée par cette relation a été utilisée pour prévoir les rendements à la saison 2013.

$$\text{Équation 1. } y = 8,402x + 3,459$$

Le « y » étant la prévision du poids en fruits qui sera récolté et le « x » le nombre de nouveaux fruits verts pour la période y étant rattachée, soit environ 21 jours précédant la récolte. Le nombre de nouveaux fruits verts pour chacun des 60 plants suivis (par champ) était utilisé pour prévoir le poids en fruits. Par la suite, selon la densité de plantation du champ, la prévision pouvait être rapportée en termes de kg/ha.

5.2 Formuler des prévisions de rendements basées sur la caractérisation hebdomadaire de fraisiers

5.3 Mesurer la précision des prévisions

La première saison du projet a été entièrement dédiée à la cueillette de données afin de générer les premières équations permettant de prévoir les rendements la saison suivante, en 2012. Conséquemment, aucune prévision de rendements n'a pu être effectuée. Les premières prévisions ont été effectuées en 2012, mais les équations mises à l'épreuve et la méthode utilisée étaient inefficaces. En 2013, les prévisions de rendements ont été effectuées à l'aide de l'Équation 1 et du nombre de nouveaux fruits verts par plants. Les résultats sont présentés dans cette section.

5.3.1 Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes en 2013.

En 2013, les relevés R1 et R2 ont été réalisés dans chacun des 4 champs du 10 juin au 6 septembre et ces derniers ont été regroupés en 14 périodes qui sont présentées au Tableau 2. En ce qui a trait aux prévisions de rendements spécifiques à chacun des champs, elles ont été communiquées aux entreprises agricoles rapidement après la réalisation du R2. Les prévisions ont couvert l'ensemble des récoltes effectuées du 1^{er} juillet au 4 octobre. Par exemple, les relevés R1 et R2 effectués à la période 4, soit du 3 au 9 juillet, ont servi à produire une prévision de poids total en fruits entre le 24 et le 30 juillet.

Tableau 2. Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes en 2013.

Périodes saison 2013	Relevé 1 et 2		Récoltes	
	Début	Fin	Début	Fin
1	10 juin	18 juin	1 juil.	8 juil.
2	19 juin	25 juin	9 juil.	16 juil.
3	26 juin	2 juil.	17 juil.	23 juil.
4	3 juil.	9 juil.	24 juil.	30 juil.
5	10 juil.	14 juil.	31 juil.	5 août
6	15 juil.	21 juil.	6 août	11 août
7	22 juil.	26 juil.	12 août	16 août
8	27 juil.	1 août	17 août	22 août
9	2 août	7 août	23 août	29 août
10	8 août	12 août	30 août	2 sept.
11	13 août	19 août	3 sept.	9 sept.
12	20 août	26 août	10 sept.	16 sept.
13	27 août	2 sept.	17 sept.	23 sept.
14	3 sept.	6 sept.	24 sept.	4 oct.

5.3.2 Rendement total cumulatif mesuré et prévu à la saison 2013 – Équation 1.

Les rendements mesurés et la prévision de ces derniers sont présentés selon la période où les fruits rouges ont été récoltés et ils sont cumulés d'une période à l'autre (Figure 8 à Figure 11). Ainsi, la valeur présentée à une période spécifique inclut la somme du rendement des périodes précédentes et de celle-ci. Cette addition se poursuit jusqu'à la 14^e période qui correspond au total (100 %) de la saison.

Ensuite, dans une démarche spécifique à chacun des quatre champs, les rendements et les prévisions sont comparés sur une base relative. Ainsi, la valeur cumulée de chacune des périodes correspond à une proportion de la valeur totale de la dernière période (100 %). Aussi, pour apprécier l'amplitude de l'écart entre le rendement prévu et celui mesuré, la valeur du rendement et de celle de la prévision, pour chacune des périodes, se rapportent à la somme des rendements (100 %).

À titre d'exemple, à la Figure 11, le rendement cumulatif présenté à la dernière période de récolte (24-28 sept) correspond à 100 % de ce qui a été récolté durant la saison. La somme des prévisions dépasse les 100 % pour atteindre 106 %. Autrement dit, la somme des prévisions pour la saison excède de 6 % les rendements mesurés. De plus, cette façon de présenter les résultats permet de constater, toujours pour le champ 4, qu'à la 10^e période (30 août au 2 sept) 62 % du rendement total en fruits était récolté. Enfin, environ 50 % du rendement de la saison entière était atteint à la 9^e période (23-29 août) pour les champs 1, 3 et 4, alors que ce seuil a été atteint à la 8^e période pour le champ 2.

Par ailleurs, lorsque comparés sur une base cumulative, les rendements totaux et les prévisions qui s'y réfèrent sont relativement semblables. En effet, hormis pour le champ 4, où l'on observe une différence de 6 %, la somme des prévisions pour la saison et le rendement mesuré est très près de 100 % pour chacun des champs. Toutefois, les prévisions ont cessé 21 jours avant la dernière récolte. Si ces dernières s'étaient poursuivies, le potentiel de rendement que représentent les fruits verts qui n'atteindront jamais la maturité (fruits verts étant sur le plant lors du démantèlement du champ après les premières gelées) aurait créé un différentiel entre le nombre prévu et récolté. Enfin, il est possible de constater que les prévisions sont légèrement inférieures aux rendements avant la 11^e période (3-9 sept) et légèrement supérieures, suivant cette période (ligne pointillée).

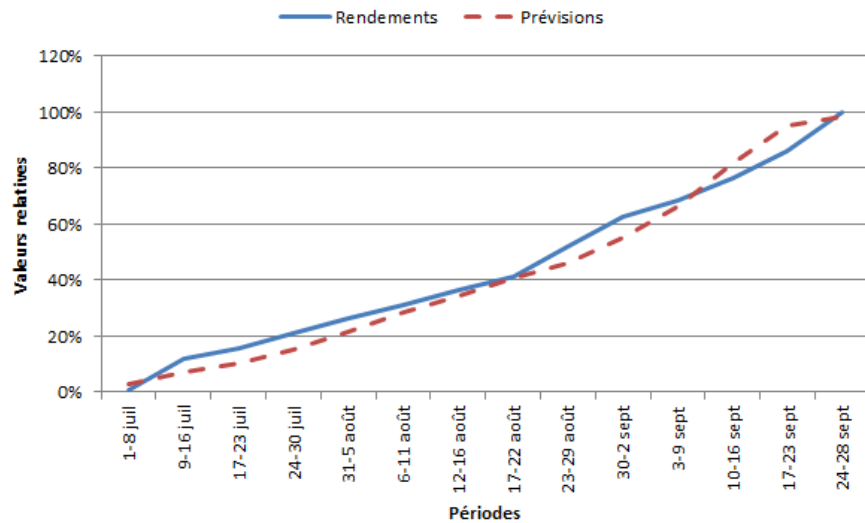


Figure 8. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 1.

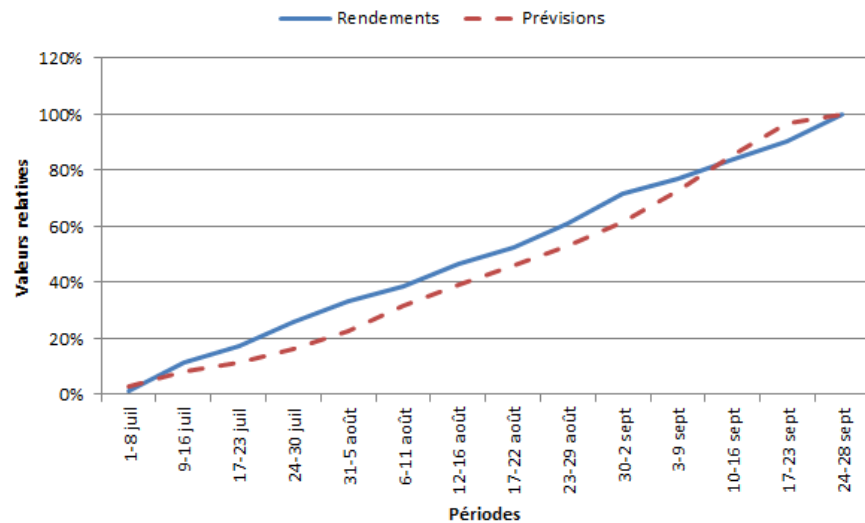


Figure 9. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 2.

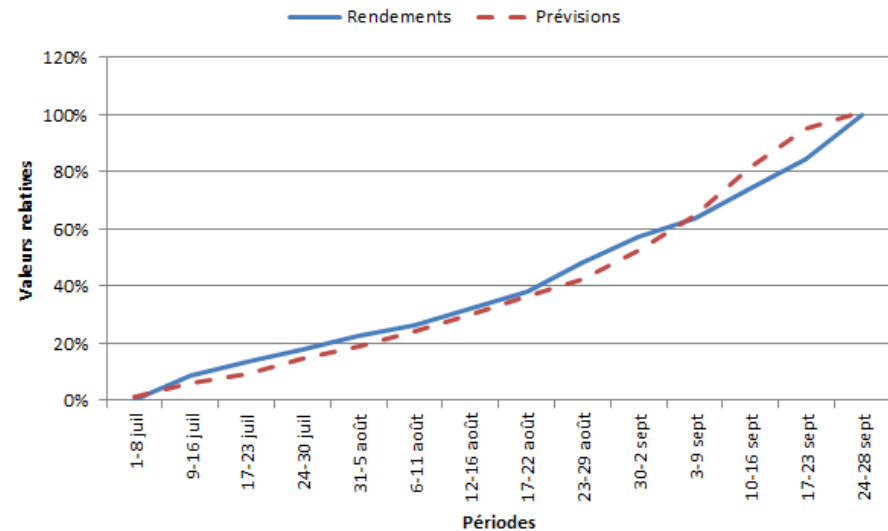


Figure 10. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 3.

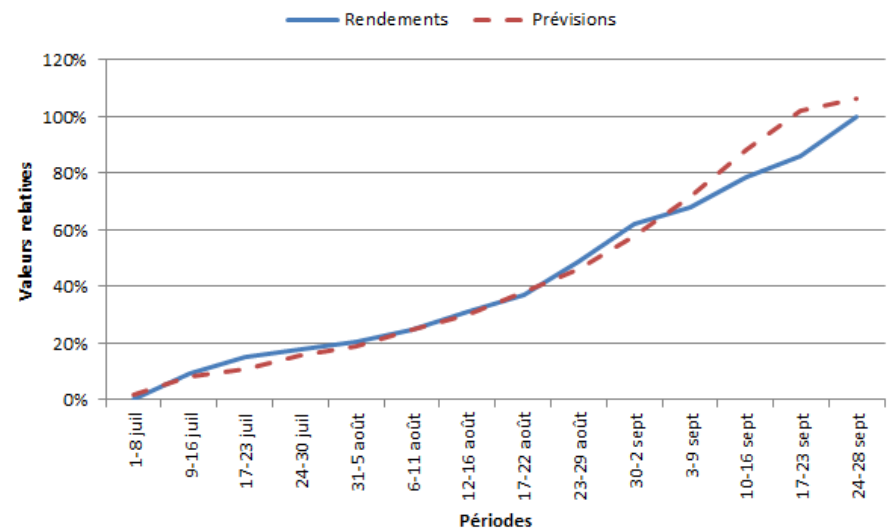


Figure 11. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013, cumulatif d'une période à l'autre - Champ 4.

5.3.3 Rendement total mesuré et prévu à la saison – Équation 1.

Les rendements et les prévisions de ces derniers sont maintenant présentés individuellement et spécifiquement selon la période et le champ (Figure 12 à Figure 15). Les résultats sont présentés sous forme relative. Le rendement mesuré pour une période précise correspond à une proportion du rendement total de la saison pour le champ en question. De plus, la valeur correspondant à la prévision pour la même période correspond, elle aussi, à une proportion de la somme des rendements totaux pour le même champ.

Par exemple, à la Figure 12 et à la 5^e période (31-5 août), le rendement total en fruits récoltés représente 5 % du rendement total récolté pour la saison pour ce champ, alors que la prévision correspond à 7 % du rendement total récolté.

Pour l'ensemble des champs, les prévisions sont relativement près des volumes qui ont été récoltés, et ce, jusqu'à la 11^e période (3-9 sept). Ce constat a également été fait aux figures précédentes (Figure 8 à Figure 11).

Le potentiel de l'équation utilisée s'avère intéressant. En effet, jusqu'à la 11^e période, les rendements prévus et mesurés sont relativement semblables, hormis pour la 2^e période. Un différentiel important s'installe donc entre les prévisions et les rendements mesurés à partir de la 11^e période (3-9 sept.). La prévision est formulée 21 jours avant la récolte, et ce, peu importe la période de la saison. La variation temporelle du nombre de jours entre la fleur ouverte et le fruit rouge récolté est une avenue intéressante qui pourrait expliquer cette observation et elle sera discutée au point 5.3.4.

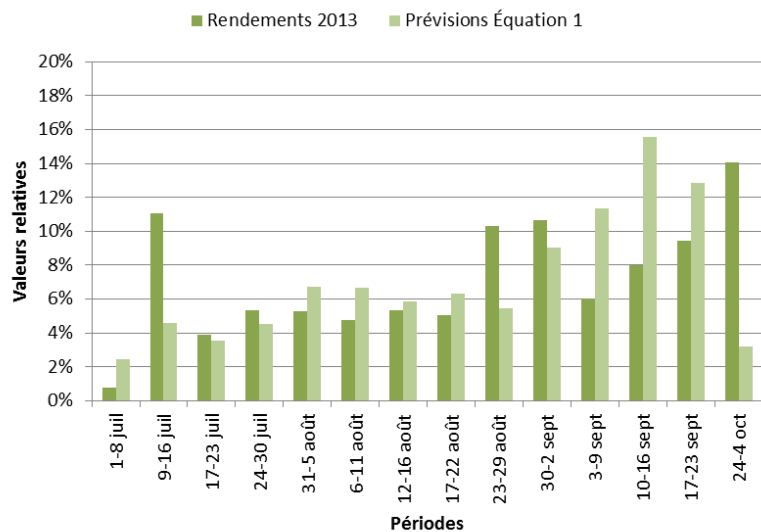


Figure 12. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 1.

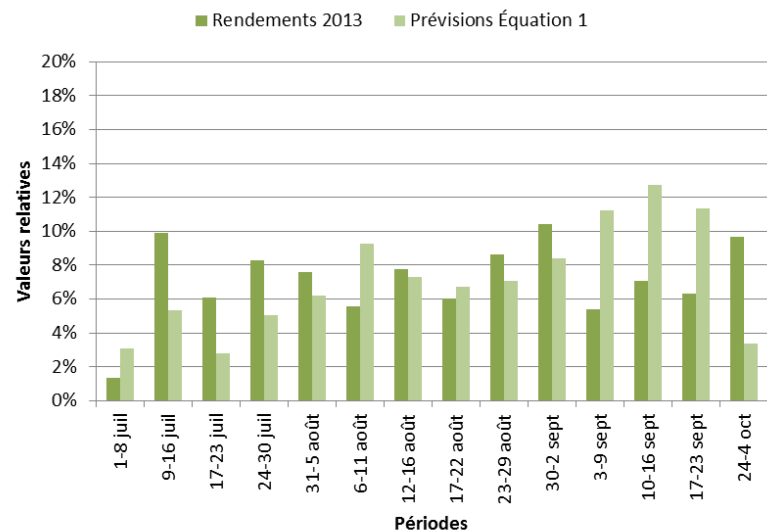


Figure 14. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 3.

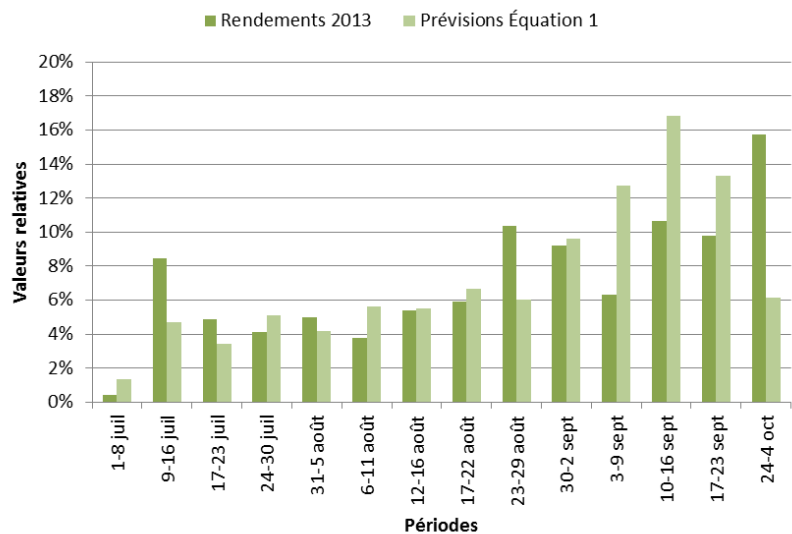


Figure 13. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 2.

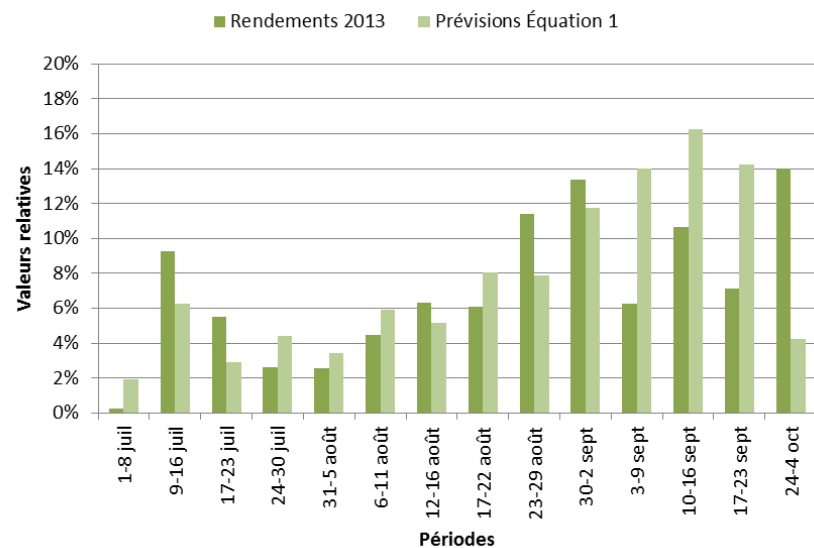


Figure 15. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 1) en 2013 selon la période - Champ 4.

5.3.4 Variation temporelle du nombre de jours entre la fleur et le fruit rouge récolté et le poids moyen de ce dernier

Le nombre de jours moyens entre l'ouverture d'une fleur et la récolte du fruit rouge, pour la saison 2013, est présenté à la Figure 16 selon le champ et la période. Par exemple, un nombre moyen de 20 jours était observé entre l'ouverture d'une fleur et la récolte du fruit lorsque ce dernier était récolté à la 4^e période (24-30 juil).

Premier constat, durant les 10 premières périodes, le nombre de jours pour en arriver à un fruit mûr oscille entre 20 et 25. Cela est favorable à l'atteinte d'une prévision performante 21 jours à l'avance. En effet, le nombre de jours concorde et facilite l'opération. Toutefois, lorsque le nombre de jours augmente, et ce, vers la 11^e période la précision de la prévision obtenue avec l'Équation 1 diminue (Figure 12 à Figure 15). Une intervention, où l'augmentation du nombre de jours s'écoulant entre la fleur et le fruit rouge récolté serait considérée, pourrait possiblement être bénéfique pour corriger les écarts observés aux dernières périodes. À titre informatif pour l'instant, le nombre moyen de jours entre l'ouverture d'une fleur et la récolte du fruit rouge, pour la saison 2012, est présenté à la Figure 17 selon le champ et la période. La variation temporelle du nombre de jours est comparable pour les deux saisons.

Maintenant, le poids moyen des fruits rouges récoltés en 2013 est présenté à la Figure 18 selon la période et le champ. Le poids moyen des fruits est relativement constant. Comme la précision de la prévision obtenue avec l'Équation 1 est influencée par une variation du poids moyen des fruits, ce constat est accommodant dans la démarche actuelle. Toutefois, comme il est possible de l'observer à la Figure 19, la variation du poids moyen des fruits récoltés est davantage variable en 2012.

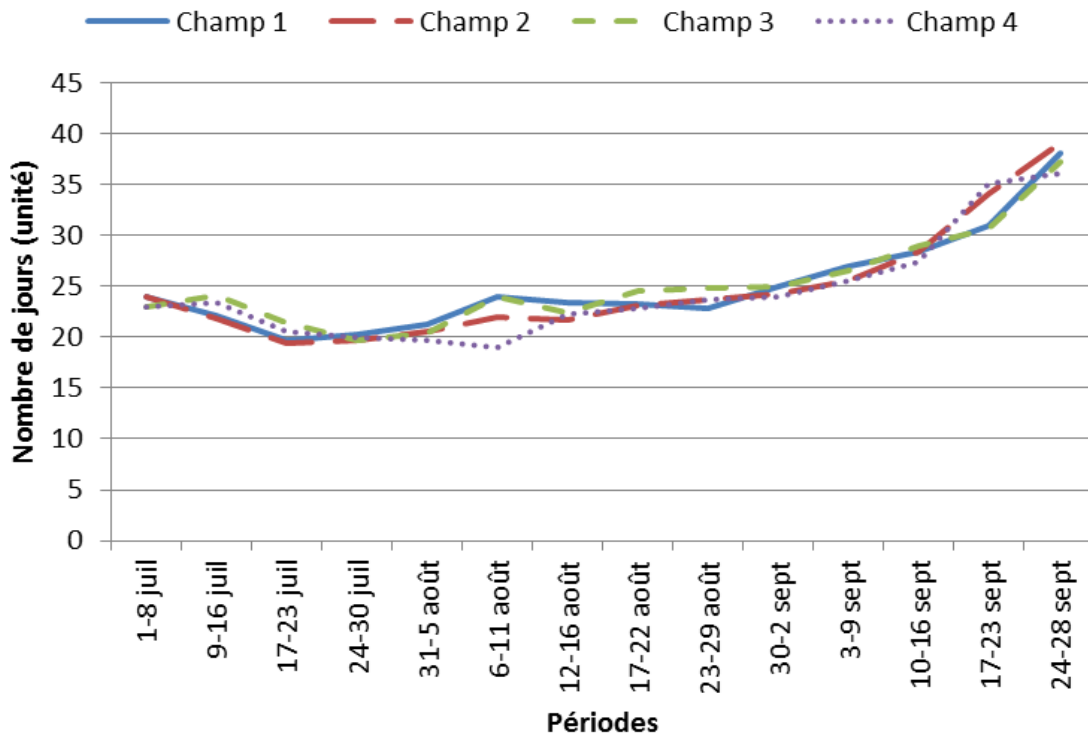


Figure 16. Nombre de jours entre la fleur ouverte et le fruit rouge récolté selon le champ et la période - Saison 2013.

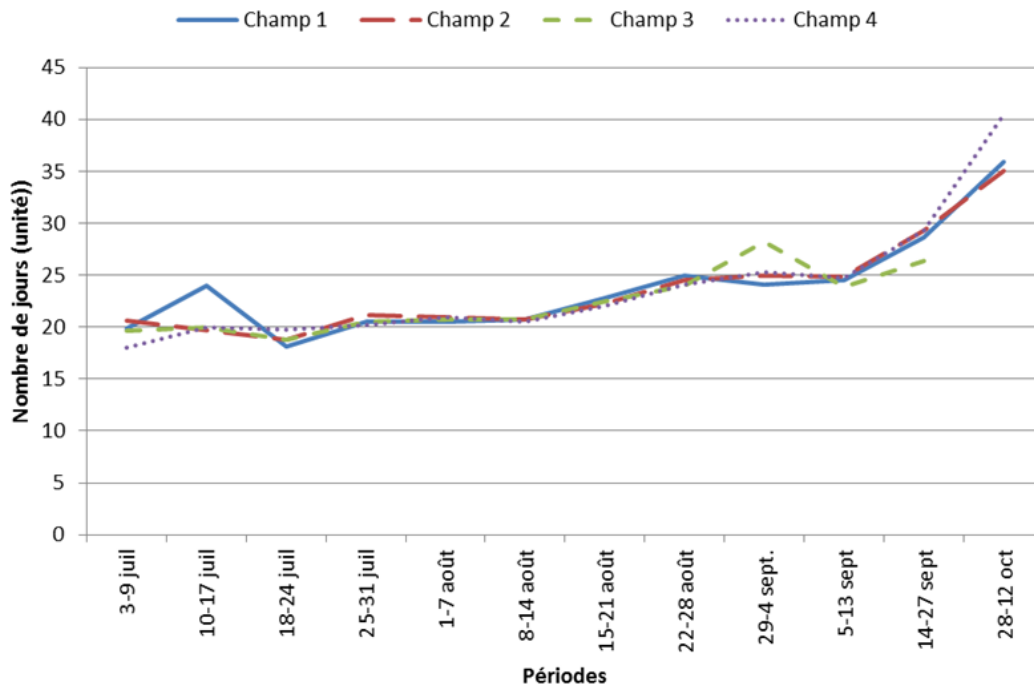


Figure 17. Nombre de jours entre la fleur ouverte et le fruit rouge récolté selon le champ et la période - Saison 2012.

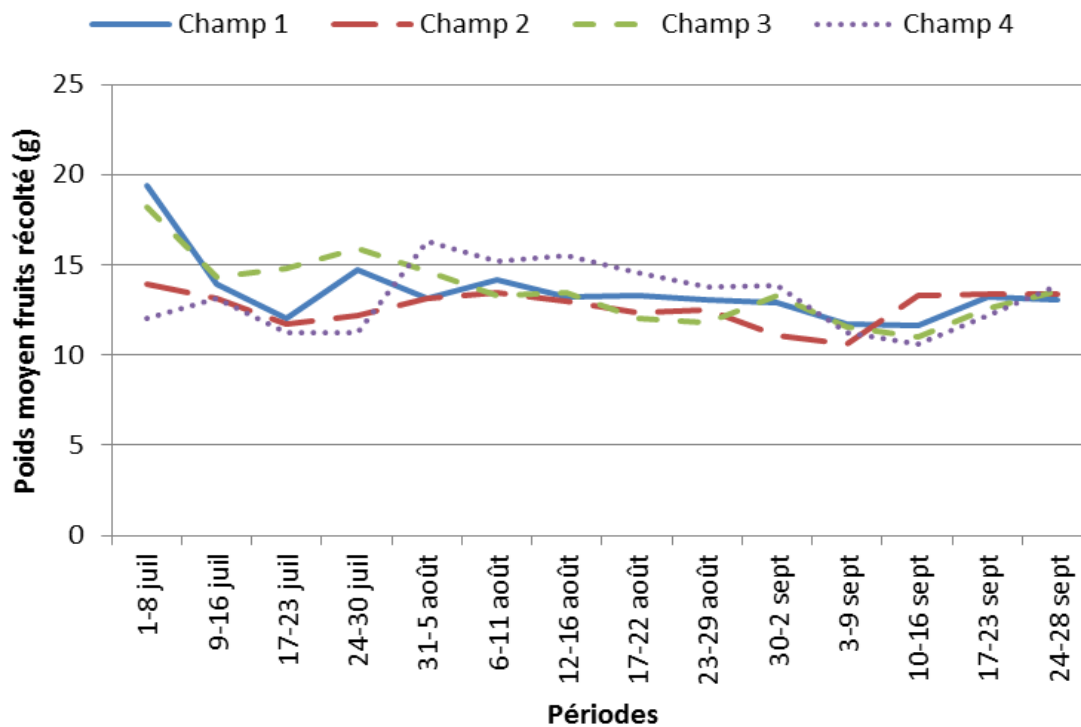


Figure 18. Poids moyen des fruits récoltés (g) selon le champ et la période - Saison 2013.

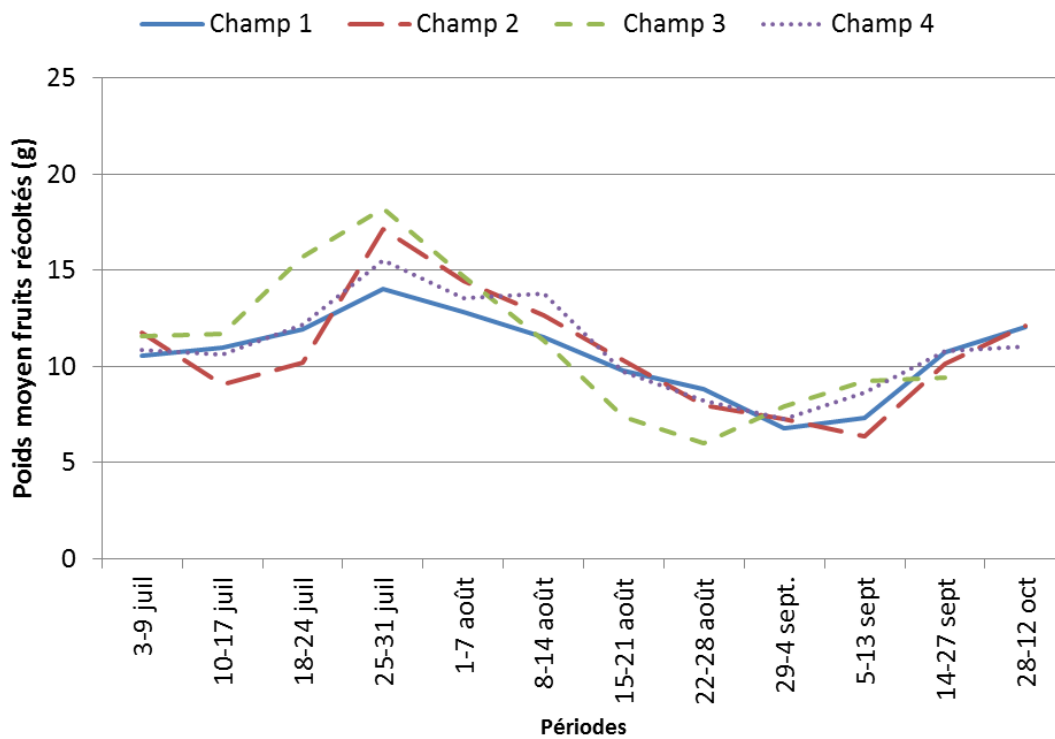


Figure 19. Poids moyen des fruits récoltés (g) selon le champ et la période - Saison 2012.

5.4 Proposer une méthodologie adaptée à la production commerciale

Cet objectif vise la production d'une méthode permettant de générer facilement une prévision, de poids total en fruits qui sera récolté, la plus précise possible. Cette méthode sera basée sur un décompte hebdomadaire de fruits verts réalisé aléatoirement sur 60 fraisiers. Une méthode basée sur la détermination du nombre de nouveaux fruits verts par plants est difficilement réalisable en contexte de production commerciale.

Pour y parvenir, les données recueillies en 2013 ont été revisitées selon différents scénarios et de nouvelles équations ont été produites. Ces nouvelles équations et la méthodologie qui sera proposée seront « vulgarisées » en y insérant des valeurs fictives. Pour ce faire, les périodes ont d'abord été réassignées à des dates différentes de celles présentées au Tableau 2, et ce, selon le nombre de jours s'écoulant entre la fleur ouverte et la récolte du fruit rouge (Figure 16 et Figure 17). Ces périodes sont présentées au Tableau 3 et au Tableau 4. Ensuite, une première étape qui implique la prévision du nombre moyen de fruits rouges par plant sera présentée. L'étape suivante permettra de prévoir le poids moyen en fruits rouges et d'attribuer ce poids à une période spécifique de récolte. Enfin, les équations utilisées dans cette démarche seront mises à l'épreuve en prévoyant les rendements mesurés en 2012 et 2013 avec les décomptes de fruits verts réalisés sur le terrain. Au terme de cette démonstration, une démarche générique sera proposée.

5.4.1 Détermination des périodes utilisées pour produire les prévisions selon le nombre de jours moyen entre la fleur et le fruit rouge récolté

Tableau 3. Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes de 2013 réaménagées à postériori.

Périodes saison 2013	Relevés hebdomadaires	Récoltes		Durée Fin - Fin (nb jours)
	Fin	Début	Fin	
1	13 juin	-	au 4 juil.	21
2	21 juin	5 juil.	12 juil.	21
3	27 juin	13 juil.	18 juil.	21
4	3 juil.	19 juil.	24 juil.	21
5	8 juil.	25 juil.	29 juil.	21
6	14 juil.	30 juil.	4 août	21
7	19 juil.	5 août	9 août	21
8	26 juil.	10 août	16 août	21
9	2 août	17 août	23 août	21
10	8 août	24 août.	30 août	22
11	16 août	31 août	9 sept.	24
12	23 août	10 sept.	17 sept.	25
13	26 août	18 sept.	27 sept.	32
14	29 août	28 sept.	4 oct.	36

Tableau 4. Périodes relatives aux relevés terrains et aux récoltes de 2012 réaménagées à postériori.

Périodes saison 2012	Relevés hebdomadaires	Récoltes		Durée Fin - Fin (nb jours)
	Fin	Début	Fin	
1	14 juin	-	au 6 juil.	22
2	21 juin	7 juil.	12 juil.	21
3	29 juin	13 juil.	20 juil.	21
4	5 juil.	21 juil.	26 juil.	21
5	13 juil.	27 juil.	3 août	21
6	19 juil.	4 août	9 août	21
7	26 juil.	10 août	16 août	21
8	3 août	17 août	24 août	21
9	9 août	25 août	30 août	21
10	15 août	31 août	6 sept.	22
11	22 août	7 sept.	13 sept.	22
12	27 août	14 sept.	20 sept.	24
13	*	21 sept.	9 oct.	
14	*	10 oct.	12 oct.	

*Données manquantes

5.4.2 Prévoir le nombre moyen de fruits rouges par plants pour une période donnée

La première étape pour en arriver à prévoir le nombre moyen de fruits rouges par plant est d'effectuer un décompte de fruits verts sur les plants. Pour l'exemple fictif suivant, le nombre de fruits verts compté dans un champ lors du R2 pour chacune des 14 périodes est présenté à la colonne identifiée par un A au Tableau 5. Comme l'objectif est de connaître le nombre total de fruits par plant, un seul relevé, vers la fin de la période en question, est nécessaire. Ensuite, le nombre total de fruits verts comptés est divisé par le nombre de fraisiers qui a été considéré pour le décompte. Les résultats de cette opération sont présentés à la colonne B du Tableau 5. Toujours au même tableau, la colonne C correspond au nombre de fruits verts par plant, présentés à la colonne B, mais cumulatifs d'une période à l'autre. Donc, à la période 6, 370 fruits verts ont été comptés lors du relevé fictif effectué vers le 14 juillet (Tableau 3). Ce nombre a été divisé par 60, soit le nombre de fraisiers considérés, et le résultat (6,17) est présenté à la colonne B. La valeur indiquée à la colonne C pour la période 6 (19,83) est la somme des valeurs présentées à la colonne B pour les périodes 1 à 6 inclusivement.

- A. Nombre total de fruits verts pour 60 plants (fin de la période).
- B. Nombre moyen de fruits verts par plant ($A/60$).
- C. Nombre moyen de fruits verts par plant cumulatif d'une période à l'autre.

Tableau 5. Nombre total de fruits verts comptés sur 60 plants (A), moyen par plant (B) et cumulatif moyen par plant (C) selon la période – Exemple fictif.

Périodes	A (Relevé)	B ($A/60$)	C
1	15	0,25	0,25
2	100	1,67	1,92
3	185	3,08	5,00
4	220	3,67	8,67
5	300	5,00	13,67
6	370	6,17	19,83
7	500	8,33	28,17
8	615	10,25	38,42
9	680	11,33	49,75
10	820	13,67	63,42
11	930	15,50	78,92
12	1000	16,67	95,58
13	1120	18,67	114,25
14	1200	20,00	134,25

Le nombre moyen de fruits verts par plant cumulatif d'une période à une autre est un excellent indicateur du nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif d'une période à une autre qui sera observé 21 à 36 jours après le relevé. Pour des raisons de confidentialité, les valeurs utilisées pour générer cette relation ne sont pas présentées.

Pour chacune des 14 périodes, le nombre moyen de fruits verts par plant cumulatif (ex. colonne C du Tableau 5) a été mis en relation avec le nombre moyen cumulé de fruits récoltés par plants pour la période considérée, tous champs confondus. Ces analyses ont été réalisées à posteriori, car le nombre de fruits rouges n'était connu qu'à la récolte.

L'équation obtenue permettra de prévoir le nombre moyen de fruits rouges par plants cumulatifs, « x » étant le nombre moyen de fruits verts par plant et le « y » le nombre moyen de fruits rouges par plant.

$$\text{Équation 2. } y = -0,0008x^2 + 0,4372x$$

Maintenant, le nombre moyen de fruits rouges par plants cumulatifs sera prévu à l'aide de l'Équation 2 et du nombre moyen de fruits verts par plant cumulatif présenté à la colonne C du Tableau 6. Par exemple, suite au décompte de fruits verts réalisé à la période 6, le nombre total moyen de fruits verts par plant depuis le décompte de la période 1 est de 19,83. Ce nombre a été utilisé à la place du « x » de l'**Erreur ! Source u renvoi introuvable.** et le résultat obtenu est de 8,4 (colonne D du Tableau 6). Conséquemment, lorsque le nombre moyen de fruits verts par plant cumulatif est de 19,83, le nombre moyen de fruits rouges par plant devrait être de 8,36, et ce, 21 à 36 jours plus tard.

- C. Nombre moyen de fruits verts par plant cumulatif d'une période à l'autre (Tableau 5).
- D. Nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif d'une période à l'autre (Prévision).

Tableau 6. Nombre moyen de fruits verts cumulatifs par plant (C) et nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif prévu (D) – Exemple fictif.

Période	C (verts cumuls mesurés)	D (rouges cumuls prévus)
1	0,25	0,11
2	1,92	0,84
3	5,00	2,17
4	8,67	3,73
5	13,67	5,83
6	19,83	8,36
7	28,17	11,68
8	38,42	15,62
9	49,75	19,77
10	63,42	24,51
11	78,92	29,52
12	95,58	34,48
13	114,25	39,51
14	134,25	44,28

5.4.3 Prévoir le poids moyen de fruits rouges par plants cumulatif pour une période donnée

Le nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif, prévu à la section précédente (5.4.2), d'une période à une autre est un excellent indicateur du poids moyen en fruits rouges par plant cumulatif d'une période à une autre qui sera observé 21 à 36 jours après le relevé. Pour des raisons de confidentialité, les valeurs utilisées pour générer cette relation ne sont pas présentées.

Pour chacune des 14 périodes, le nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif a été mis en relation avec le poids moyen cumulé de fruits récoltés par plants pour la période considérée, tous champs confondus. Ces analyses ont été réalisées à posteriori, car le nombre de fruits rouges et le poids n'étaient connus qu'à la récolte. L'équation obtenue permettra de prévoir le poids moyen de fruits rouges par plants cumulatifs, « x » étant le nombre moyen de fruits rouges par plant et le « y » le poids moyen de fruits rouges par plant.

$$\text{Équation 3. } y = -0,01x^2 + 13,262x + 0,498$$

Maintenant, le poids moyen de fruits rouges par plants cumulatifs sera prévu à l'aide de l'Équation 3, et ce, avec le nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif présenté à la colonne D du Tableau 7. Par exemple, à la période 6, le nombre total moyen de fruits rouges par plant cumulatif de la période 1 à 6 est de 8,36. Ce nombre a été utilisé à la place du « x » dans l'Équation 3. et le résultat obtenu est de 110,2 g (colonne E du Tableau 7). Conséquemment, lorsque le nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif est de 11,68, le poids moyen de fruits rouges par plant devrait être de 153,6 g 21 à 36 jours plus tard.

- D. Nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif d'une période à l'autre (Prévision).
- E. Poids moyen de fruits rouges par plant cumulatif d'une période à l'autre (Prévision).

Tableau 7. Nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif mesuré (D) et poids moyen de fruits rouges par plant cumulatif prévus (E) – Exemple fictif.

Période	D (rouges cumuls prévus)	E (poids cumul prévu)
1	0,11	1,5
2	0,84	11,1
3	2,17	28,7
4	3,73	49,4
5	5,83	77,0
6	8,36	110,2
7	11,68	153,6
8	15,62	204,7
9	19,77	258,3
10	24,51	319,1
11	29,52	382,8
12	34,48	445,4
13	39,51	508,4
14	44,28	567,6

5.4.4 Prévision du poids qui sera récolté

Il suffit de soustraire le poids cumulé d'une période spécifique avec celui de la période précédente et le résultat obtenu correspond au poids moyen en fruits rouges par plant prévu. Par exemple, les 33,2 g prévus à la période 6 (colonne F) proviennent de la soustraction du poids cumulé de la période 6 (110,2 g) et de celui de la période 5 (77,0 g) (colonne E). Enfin, comme il s'agit d'un poids moyen par plant, en multipliant ce dernier par la densité de plantation ou le nombre de plants présents dans le champ considéré, il en résulte une prévision de rendement total pour le champ.

Tableau 8. Poids moyen de fruits rouges par plant cumulé prévu (E) et le poids moyen par plant prévu (F) – Exemple fictif.

Période	E Poids cumulé prévu	F Poids prévu
1	1,5	1,5
2	11,1	9,6
3	28,7	17,6
4	49,4	20,6
5	77,0	27,6
6	110,2	33,2
7	153,6	43,4
8	204,7	51,1
9	258,3	53,6
10	319,1	60,7
11	382,8	63,8
12	445,4	62,6
13	508,4	63,0
14	567,6	59,2

5.4.5 Validation des équations 2 et 3 pour la saison 2013

Les décomptes de fruits verts effectués sur le terrain en 2013 ont été utilisés pour valider les équations 2 et 3. Les rendements et les prévisions sont présentés individuellement et spécifiquement selon la période et le champ (Figure 20 à Figure 23). Les résultats sont présentés sous forme relative. Le rendement mesuré pour une période précise correspond donc à une proportion du rendement total de la saison pour le champ en question. De plus, la valeur de la prévision pour la même période correspond, elle aussi, à une proportion de la somme des rendements totaux pour le même champ.

Les graphiques renseignent d'abord sur la proportion du rendement total qui est atteint pour une période donnée. Globalement, les prévisions sont relativement près des rendements mesurés, hormis pour la 2^e période (5-12 juil) où les prévisions sont nettement inférieures. Il est possible également de constater l'évolution temporelle des rendements et leur importance relative par rapport au total de la saison. Enfin, les prévisions ont été moins performantes pour le champ 4 (Figure 23). En effet, les rendements prévus sont nettement inférieurs à ceux mesurés pour la 2^e et la 7^e période, alors qu'ils sont supérieurs à la 5, 6, 11 et 12^e périodes.

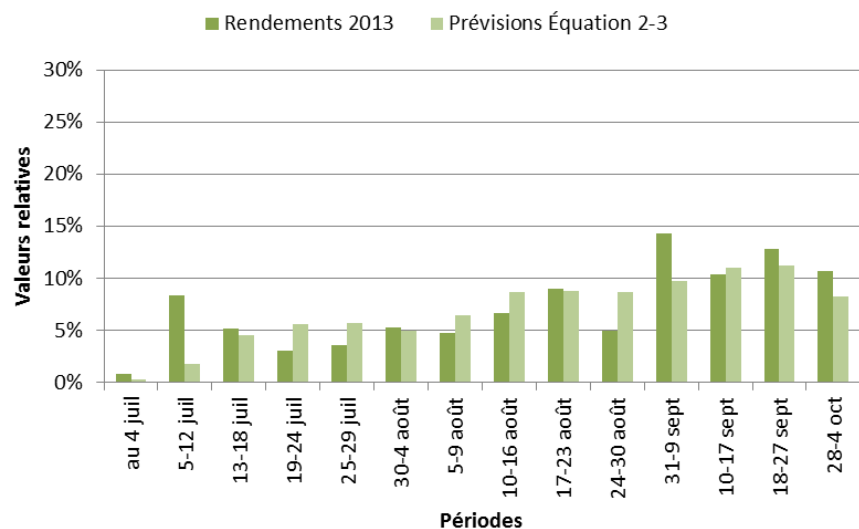


Figure 20. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 1.

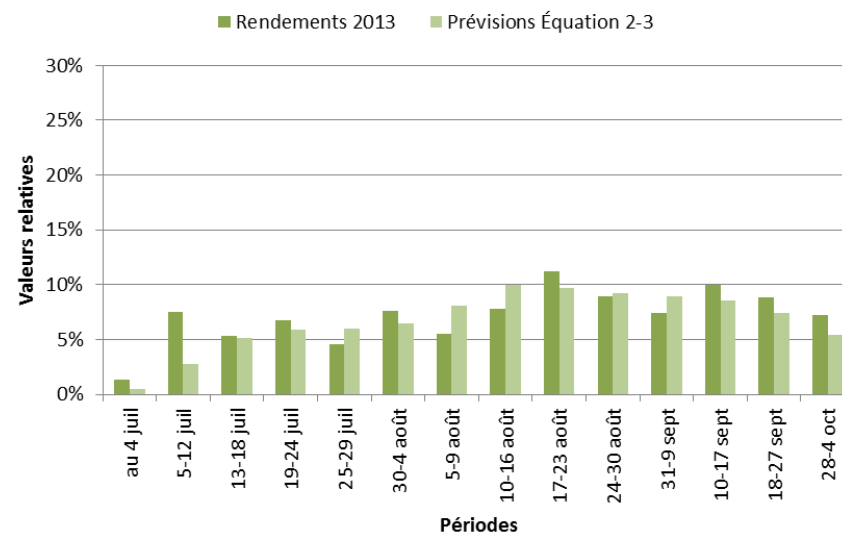


Figure 22. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 3.

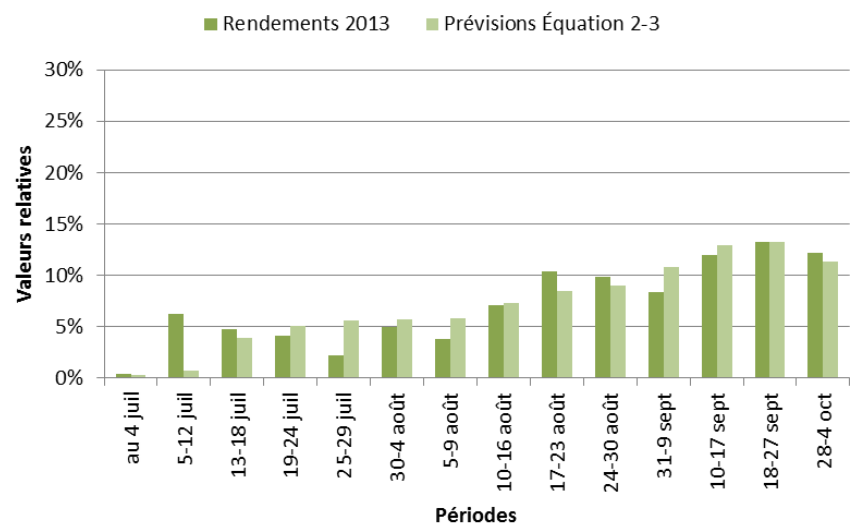


Figure 21. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 2.

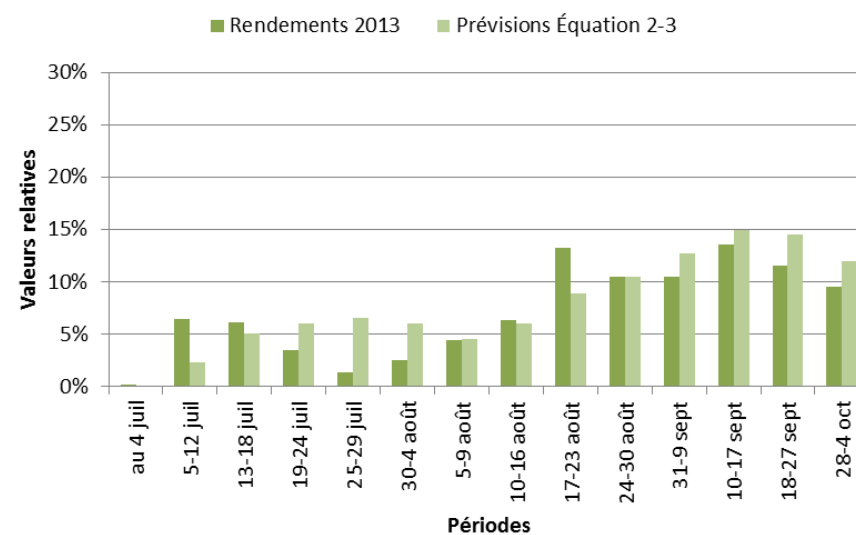


Figure 23. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3) en 2013 selon la période - Champ 4.

5.4.6 Validation des équations 2, 3 et 4 pour la saison 2012

Avant de valider la précision des équations 2 et 3 à prévoir les rendements de la saison 2012, une 4^e équation sera générée. Comme pour la saison 2013, le nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif d'une période à une autre et le poids moyen en fruits rouges par plant cumulatif d'une période à une autre observé 21 à 36 jours après le relevé a été mis en relation. Pour des raisons de confidentialité, les valeurs utilisées pour générer cette relation ne sont pas présentées.

Pour chacune des périodes, le nombre moyen de fruits rouges par plant cumulatif a été mis en relation avec le poids moyen cumulé en fruits rouges récoltés par plants pour la période considérée, tous champs confondus. Ces analyses ont été réalisées à posteriori, car le nombre de fruits rouges et le poids n'étaient connus qu'à la récolte. L'Équation 4 obtenue permet de prévoir le poids moyen de fruits rouges par plant cumulatif, « x » étant le nombre moyen de fruits rouges par plant et le « y » le poids moyen en fruits rouges par plant. Les prévisions de rendements pour la saison 2012 obtenus avec le duo d'équations 2-3 seront comparées avec les prévisions obtenues avec le duo d'équations 2-4 (Figure 24 à Figure 27).

$$\text{Équation 4. } y = -0,0363x^2 + 11,904x + 5,0668$$

Les rendements mesurés et prévus présentés de la Figure 24 à la Figure 27 incluent les récoltes comprises entre le 5 juillet et le 20 septembre 2012. Les rendements mesurés du 21 septembre au 12 octobre ne sont pas présentés, car aucune donnée (fruits verts) n'est disponible pour les prévoir. De plus, les rendements mesurés et prévus sont présentés avec des valeurs relatives et correspondent à une proportion du rendement total au 20 septembre.

Les rendements prévus et mesurés sont semblables pour les quatre premières périodes, et ce, peu importe le duo d'équations utilisé. Aux 5^e et 6^e périodes, les rendements prévus sont nettement inférieurs à ceux mesurés. Enfin, de la 8^e à la dernière période les prévisions sont supérieures aux rendements mesurés. Toutefois, l'écart est moindre avec le duo d'équation 2-4 que celui 2-3.

Le poids moyen des fruits rouges était plus variable en 2012 (Figure 19) qu'en 2013 (Figure 18). L'Équation 2, soit la première des deux équations utilisées pour générer la prévision, calcule un nombre de fruits rouges alors que la deuxième équation, utilise le nombre de fruits rouges prévus pour y attribuer un poids. La deuxième équation du duo (Équation 3, générée avec les données de 2013 et l'Équation 4 générée avec les données de 2012) produit des résultats qui diffèrent un peu entre elles. En effet, pour un même nombre de fruits rouges par plant cumulatif, l'Équation 2 prévoit un poids en fruits plus élevé que l'Équation 3, surtout pour des valeurs supérieures à 25 fruits rouges.

Les conditions culturales et météorologiques sont des facteurs difficiles à considérer une fois la prévision effectuée. La saison 2012 était plus propice que celle de 2013 à ce que les fraisiers subissent des périodes de stress hydrique et la saison 2013 était idéale pour la productivité des fraisiers. Une différence de rendement peut s'expliquer par un nombre de fruits qui est différent ou par un poids moyen des fruits qui est différent ou même un mixte des deux. Dans ce cas-ci, c'est davantage le poids moyen des fruits qui a affecté le rendement total. Lorsque le poids moyen est affecté, ce sont surtout les conditions météorologiques « actuelles » qui sont en cause, car pour affecter le nombre de fruits, ces dernières doivent avoir eu lieu plusieurs semaines avant la floraison. Un projet de recherche, visant à refroidir un couvert végétal de fraisiers, lors de forts épisodes de chaleur, à l'aide de la micro aspersion a été réalisé à l'été 2006 et 2007 et les résultats obtenus appuient cela (Boivin, 2008).

Davantage d'essais devront être réalisés avant de pouvoir conclure ainsi, mais de prime à bord, l'Équation 4 (2012) pourrait être davantage appropriée pour une saison propice aux stress hydriques alors que l'Équation 3 (2013), pourrait être plus appropriée lors de conditions idéales pour le fraisier.

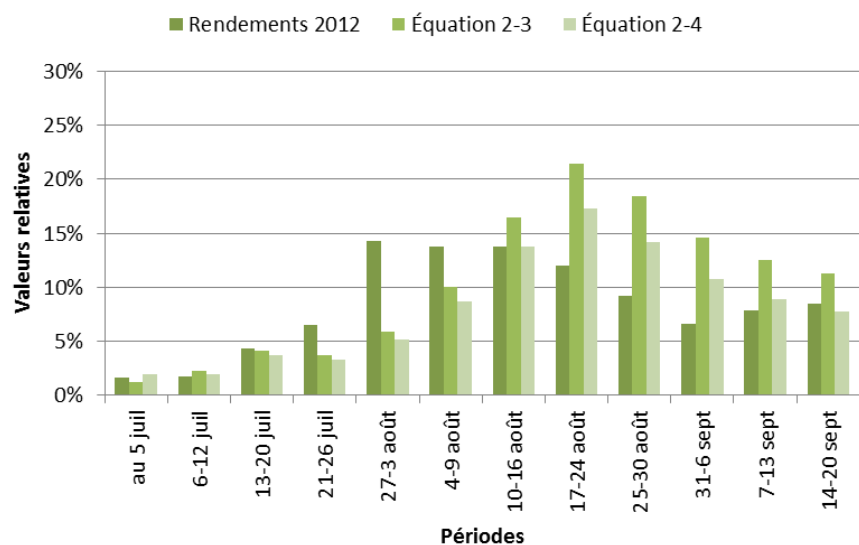


Figure 24. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 1.

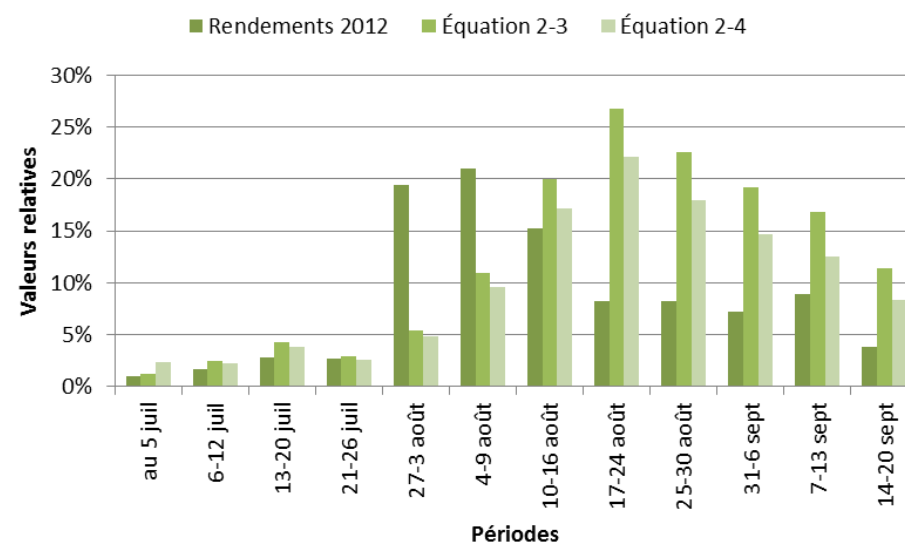


Figure 26. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 3.

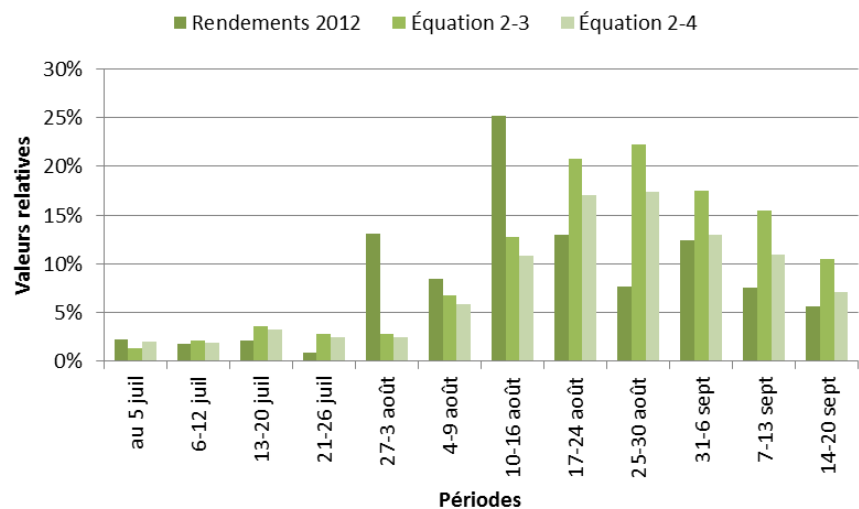


Figure 25. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 2

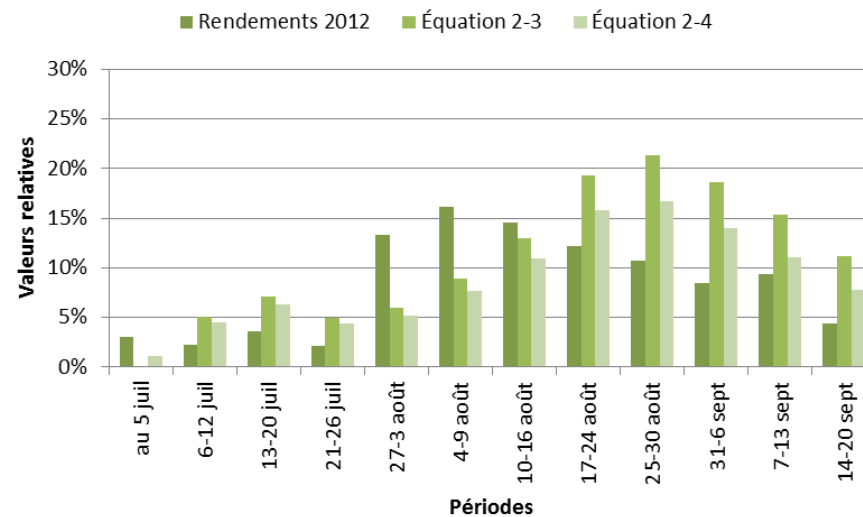


Figure 27. Rendement total relatif mesuré et prévu (Équation 2-3 et 2-4) en 2012 selon la période - Champ 4.

5.4.7 Méthode de prévision proposée pour le cultivar de fraisier *Seascape*

1. Décompte des fruits verts dès que les inflorescences ne sont plus supprimées (Tableau 9). Les dates sont inscrites à titre informatif. Le nombre de jours entre l'ouverture d'une fleur et le fruit rouge selon la période de la saison est davantage important.

Tableau 9. Périodes relatives aux décomptes de fruits terrains et périodes de prévisions en poids total s'y rattachant selon le nombre de jours fleur-fruit pour la période de la saison.

Périodes	Date maximale pour le décompte depuis le dernier relevé	Nb jours fleur-fruit proposés selon les observations	Date maximale de récolte depuis la dernière période
1	10 juin	21	1 juillet
2	17 juin	21	8 juillet
3	24 juin	21	15 juillet
4	1 juillet	21	22 juillet
5	8 juillet	21	29 juillet
6	15 juillet	21	5 août
7	22 juillet	21	12 août
8	29 juillet	21	19 août
9	4 août	21	26 août
10	11 août	22	2 septembre
11	16 août	24	9 septembre
12	22 août	25	16 septembre
13	26 août	28	23 septembre
14	29 août	32	30 septembre
15	1 septembre	36	7 octobre
16	8 septembre	36	14 octobre

2. Décompte du nombre total de fruits verts sur 60 fraisiers choisis aléatoirement à la grandeur du champ.
3. Consignation des données dans le Tableau 10 à la colonne A et suivre les instructions relatives aux colonnes suivantes.

Dans l'exemple fictif suivant (Tableau 10) :

- A. Le décompte du nombre de fruits verts sur 60 plants a respectivement été de 15, 100 et 185 pour les périodes 1, 2 et 3 (colonne A);
- B. Le nombre moyen de fruits verts par plant pour une période est obtenu en divisant le nombre total de fruits comptés par le nombre de plants;
- C. Le nombre cumulatif de fruits verts est obtenu en additionnant l'ensemble des valeurs des périodes précédentes, incluant la période actuelle;
- D. L'Équation 2. $y = -0,0008x^2 + 0,4372x$ est utilisée pour prévoir le nombre de fruits rouges par plant cumulatif « y » avec comme « x » la valeur contenue dans la colonne C;
- E. Équations utilisées pour prévoir le poids en fruits rouges par plant cumulatif « y » avec comme « x » la valeur contenue dans la colonne D :
 Équation 3. $y = -0,01x^2 + 13,262x + 0,498$ (2013)
 Équation 4. $y = -0,0363x^2 + 11,904x + 5,0668$ (2012)
- F. Soustraire de la valeur calculée à la colonne F, pour la période en cours, la valeur calculée à la colonne E à la période précédente ($17,6 = 28,7 - 11,1$);
- G. Multiplier la valeur de la colonne F par la densité de fraisiers par hectare.

Tableau 10. Étapes à suivre afin de produire, à partir d'un décompte de fruits verts réalisé sur 60 fraisiers, une prévision de poids en fruits rouges total à l'hectare, 21 à 34 jours à l'avance.

Périodes	A	B	C	D	E	F	G
	Verts total	A/60	Verts cumulés	Équation 2 (nb rouges cumul prévus)	Équation 3 (2013)* Équation 4 (2012) (poids cumul prévu)	Poids prévu (soustraction période actuelle – précédente)	Densité de plantation
1	15	0,25	0,25	0,11	*1,5	1,5	
2	100	1,67	1,92 (1,67 + 0,25)	0,84	*11,1	9,6	
3	185	3,08	5,00 (3,08 + 1,92)	2,17	*28,7	17,6	
4							
5							
...							

5.5 Évaluer le potentiel de valorisation des prévisions dans la répartition des doses de fertigation durant la saison

Actuellement il n'y a aucune grille de référence en fertilisation ayant trait à la fertigation de la fraise à jours neutres au Québec. Le programme de fertigation est alors développé à partir de l'expérience du producteur, de celle de son conseiller agricole et d'informations tirées de la littérature. Des essais réalisés depuis 2010 à l'Île d'Orléans dans la fraise à jours neutres ont démontré l'absence de différence de rendements en fruits, que les fraisiers aient été soumis à 100 ou 50 % de la dose d'azote incluse dans le programme de fertigation du producteur (Landry et Boivin, 2012). De plus, la régie d'irrigation dans la fraise demeure également un sujet de recherche actuel. L'efficacité d'utilisation des fertilisants apportés avec la fertigation est grandement tributaire de l'efficacité à laquelle l'eau d'irrigation est apportée. La portée du système d'irrigation par goutte à goutte, en termes de volume de sol alimenté par le système, peut conduire à une problématique d'assèchement du sol en périphérie du tube de goutte à goutte (Boivin et Deschênes, 2011).

Une démarche où le calcul de la dose des éléments fertilisants apportés serait modulé en fonction des prévisions du poids en fraises qui sera récolté demeure toutefois intéressante. Cependant, cette démarche ne prendra tout son sens que lorsque les besoins en fertilisants et en eau seront davantage connus et adéquatement considérés. En effet, les rendements en fruits sont variables d'une période à une autre et d'une saison à l'autre. De plus, chacune des fraises qui sortent du champ est une exportation nette d'azote. Dans Landry et Boivin (2012), l'exportation de l'azote attribuable aux fraises récoltées représente 48 et 43 % du total de l'azote prélevé par la culture, respectivement en 2010 et 2011. Ainsi, si les exportations hors du champ de l'azote sont variables, possiblement que l'efficacité d'utilisation des apports en azote pourrait être augmentée s'ils considéraient les prévisions de rendements.

5.6 Évaluation du temps nécessaire à l'utilisation de l'outil

Le relevé hebdomadaire du nombre de fruits verts pourrait être un service offert par les conseillers agricoles qui suivent déjà les entreprises ou par une ressource présente sur l'entreprise. Le temps nécessaire à un relevé qui implique un décompte de fruits verts sur 60 fraisiers, choisi aléatoirement, est estimé à environ 90 minutes pour un champ. Si deux champs font l'objet d'un suivi, avec le temps nécessaire au traitement des données, un total de 3h30 à 4h00 serait nécessaire hebdomadairement pour utiliser l'outil. Ainsi, un peu plus d'une cinquantaine d'heures serait attribuée lors d'une saison de production à cet exercice.

6 CONCLUSION

Les relevés terrains réalisés en 2013 ont permis de formuler des prévisions de rendement relativement performantes. Ces dernières étaient communiquées hebdomadairement aux producteurs selon le champ considéré. La précision des prévisions a été améliorée, à posteriori, en apportant une correction qui a permis de considérer la variation temporelle du nombre de jours entre la fleur et le fruit rouge.

La précision de la démarche utilisée en 2013 reposait, notamment, sur la détermination du nombre de nouveaux fruits verts par plant. Cette information étant difficile à mesurer en conditions de production commerciale, les efforts ont été dirigés de sorte à développer une méthodologie plus simple. La méthodologie proposée repose maintenant sur un simple décompte hebdomadaire de fruits verts sur 60 fraisiers choisi aléatoirement à l'intérieur d'un champ donné.

Des périodes de décompte de fruits verts ont été jumelées à des périodes de récoltes selon la variation temporelle, durant la saison, du nombre de jours s'écoulant entre la fleur ouverte et la récolte du fruit rouge. Suite au décompte, un nombre moyen de fruits rouges par plant peut être estimé et de ce dernier, un poids moyen en fruits rouges par plant qui sera récolté peut être prévu.

Réalisées a posteriori avec les décomptes effectués, les prévisions produites pour la saison 2013 sont semblables aux rendements mesurés. Toujours à posteriori, les prévisions produites pour la saison 2012 sont moins performantes que celles de la saison 2013, mais gagnent en précisions lorsqu'une équation issue spécifiquement des résultats de 2012 est utilisée.

Les conditions météorologiques ont un impact sur la productivité du fraisier et celles qui ont eu cours en 2012 et 2013 sont différentes. Alors que la saison 2013 s'avère idéale en termes de productivité, la saison 2012 a été plus conservatrice. Une fois la prévision réalisée, l'impact des conditions météorologiques ne peuvent plus être considérés. Ainsi la production de deux prévisions, basées sur des équations éprouvées, l'une « optimiste » et une seconde « conservatrice » pourrait diminuer la surprise conséquente aux conditions météorologiques qui ont cours entre la prévision et la récolte.

Enfin, la démarche qui est actuellement proposée gagnerait à être bonifiée avec des essais réalisés chez un nombre plus élevé d'entreprises et des efforts seront mis en ce sens.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Allison, L.E. 1965. *Methods of Soil Analysis*, Part 2, Agronomy Monograph no. 9,
- American Society of Civil Engineering (ASCE), 2005. *The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation*. Report of ASCE Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee, American Society of Civil Engineering, 59 p.
- Boivin, C. 2008. *Étude d'acquisition de connaissances du pilotage de l'irrigation par tensiométrie et de la gestion du microclimat par micro-aspersion dans la production de la fraise à jours neutres à l'île d'Orléans*. Rapport final déposé au Syndicat de l'UPA de l'île d'Orléans. IRDA. 48 p.
http://www.cdaq.qc.ca/content_Documents/5009%20Rapport%20PAECQ_Micro-aspersion%20dans%20la%20production%20de%20la%20fraise%20%C3%A0%20jour%20neutre.pdf
- Boivin, C. et P. Deschênes. 2011. *Stratégies d'irrigation dans la fraise à jours neutres*. Rapport final déposé au CDAQ (no. 6348). IRDA. 98 p.
http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/boivin-et-deschenes-428_rapport_strategies_irrigation_fraise_2011.pdf
- Chandler, C.K. et S.J. Mackenzie. 2004. *Fruit development period in strawberry differs among cultivar, and is negatively correlated with average post bloom air temperature*.
- Conseil des Productions Végétales du Québec (CPVQ), 1988. *Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. Méthode PH-1. Détermination du pH à l'eau*. Agdex 533. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Québec, QC.
- Doving, A. et F. Mage. 2001. *Prediction of strawberry fruit yield*. Acta Agriculturae Scandinavica, 51:35-42. Proceeding of the Florida State Horticultural Society, 117: 83-85.
- Isaac R. A. et W. C. Johnson. 1976. *Determination of total nitrogen in plant tissue, using a block digester*, Journal of the Association of Official Analytical Chemist, vol. 59, no 1, pp. 98-100.
- Landry, C. et C. Boivin. 2012. *Performance des fertilisants à libération contrôlée et d'origine organique dans la fraise à jours neutres fertiliguée*. Rapport final déposé au MAPAQ (no. PSIH10-1-355). IRDA. 53 p.
http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/landry-boivin-479_rapport_elc_fraise_2012.pdf
- Mackenzie, S.J. et C.K. Chandler. 2009. *A method to predict weekly strawberry fruit yield from extended season production systems*. Agronomy Journal, 101(2): 278-287.
- Tran, T. S. et R. R. Simard. 1993. *Mehlich III-extractable nutrients*. Pages 43–50 dans M. R. Carter, ed. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers, London, UK.

8 Diffusion des résultats

- Site Internet de l'IRDA <http://www.irda.qc.ca>, depuis avril 2011.
- Conférence lors de l'Activité champ sur les innovations dans les petits fruits CRAAQ. Île d'Orléans, 29 juillet 2011
 - http://www.craaq.qc.ca/UserFiles/File/Communication/Articles_Presse/Nouv_fraiches_Act_c_hamps_2011_10.pdf (Mention dans la publication de l'APFFQ)
 - http://www.craaq.qc.ca/Documents/Evenements/EPTF1102/Depliant_EPTF1102.pdf (Programme de la journée)
- Conférence lors des Journées horticoles Saint-Rémi. 7 décembre 2011.
 - http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2011/7_decembre_2011/Fraise_et_framboises/16h00_Survoldesprojetsderecherche_C_Boivin.pdf (Présentation PPT)
 - http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2011/ProgrammeJourneesHorticoles2011.pdf (Programme de la journée)
- Conférence lors de la Journée provinciale sur la recherche. APFFQ. Université Laval, 14 décembre 2011.
 - http://www.craaq.qc.ca/UserFiles/File/Communication/Articles_Presse/Nouv_fraiches_Act_c_hamps_2011_10.pdf (Mention dans la publication de l'APFFQ)
- Article paru dans LaPresse.ca le 3 juillet 2013
 - <http://www.lapresse.ca/actualites/national/2013/07/02/01-4666849-predire-la-production-des-fraises-pour-mieux-les-vendre.php>
- Entrevue à la radio de Radio Canada International le 3 juillet 2013
 - <http://www.rcinet.ca/fr/2013/07/03/les-fraises-plaisir-dete-pour-le-consommateur-soit-mais-defi-de-taille-pour-le-producteur-de-fraises-a-jours-neutres/>

9 ANNEXES



Figure 28. Filet protecteur utilisé.



Figure 29. Ruban de couleur utilisé pour identifier les pédicelles.