

Fiabilisation des prévisions hebdomadaires de production de fraises en culture sur substrat

Marie Moreau

▶ **To cite this version:**

Marie Moreau. Fiabilisation des prévisions hebdomadaires de production de fraises en culture sur substrat. Sciences agricoles. 2014. dumas-01066234

HAL Id: dumas-01066234

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01066234

Submitted on 19 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AGROCAMPUS OUEST

☑ **CFR Angers**

☐ **CFR Rennes**

Les Paysans de Rougeline

SCA Valprim

Chemin de Cazeaux
47200 Marmande

Année universitaire : 2013-2014

Spécialité : Horticulture

Spécialisation (et option éventuelle) :

Fruits, Légumes, Alimentation et Marchés

Mémoire de Fin d'Études

☑ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Fiabilisation des prévisions hebdomadaires de production de fraises en culture sur substrat

- Confidentiel -

Par : Marie MOREAU



Source : M. Moreau

Soutenu à Angers, le 05/09/2014

Devant le jury composé de :

Président : Emmanuel GEOFFRIAU

Maître de stage : Christine SEDILOT

Enseignant référent : Gerhard BUCK-SORLIN

Autres membres du jury :

Caroline GRANADO, directrice de l'AOPn fraise

Myriam CARMENTRAN-DELIAS, conseillère à la Chambre d'Agriculture du Lot-et-Garonne

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Remerciements

Merci à Madame Christine Sedilot, responsable technique de l'OP Valprim, ma maître de stage, pour m'avoir confié cette mission, pour ses conseils quotidiens, son soutien, m'avoir permis de rencontrer de nombreuses personnes de la profession et sa sympathie.

Je remercie l'ensemble des producteurs de fraises de l'OP Valprim pour leur coopération, leur accueil et leur disponibilité. Je remercie également Madame Marie Barrabé-Manceau, directrice de l'OP Valprim, de m'avoir acceptée au sein de l'OP Valprim et pour ses conseils pertinents. Je remercie Monsieur Hugues François, animateur technique de l'OP Valprim, pour sa relecture avisée, ainsi que Madame Amandine Blériot, responsable qualité de l'OP Valprim et Monsieur Cédric Duprat, responsable logistique de l'OP Valprim, pour leurs partages d'expériences.

Mes sincères remerciements à Madame Myriam Carmentran-Delias, conseillère à la Chambre d'Agriculture du Lot-et-Garonne, qui m'a transmis de nombreuses informations indispensables à l'étude. Merci à Madame Marie-Noëlle Déméné, responsable du pôle physiologie fraise à Invenio, Monsieur Jean-Philippe Bosc, responsable du programme fraise du CTIFL, Monsieur Christophe Carmagnat, ingénieur développement au CIREF, Monsieur Jacques Bertrand, directeur commercial et technique des pépinières Martaillac, Monsieur Stéphane Ruhier, chargé de communication à l'Aiflg, Madame Béatrice Lacoste, documentaliste à Agrocampus-ouest, centre d'Angers et Madame Catherine Teigné, documentaliste au CTIFL de Lanxade, pour leur réactivité à mes sollicitations.

Merci aux autres stagiaires, Aurélie Fillon et Charline Aussendou pour leurs conseils pratiques et leur bonne humeur. Merci à l'ensemble de l'équipe Rougeline pour son accueil.

Je tiens à remercier mon tuteur, Monsieur Gerhard Buck-Sorlin, professeur Dr. à Agrocampus-ouest, centre d'Angers, qui a répondu à mes questions.

Merci à toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué au bon déroulement de mon stage de fin d'études et à la rédaction du mémoire.

* * *

Table des matières

1. Introduction 1
2. Présentation générale : la culture de fraises sur substrat 4
   2.1. La culture sur substrat 4
   2.2. Physiologie du fraisier 4
      2.2.1 Cycle de développement de la variété 'Gariguette' 5
      2.1.2. Le trayplant 6
      2.1.3. Conduite après plantation 6
      2.1.4. Le fruit : développement et maturation 7
3. Le prévisionnel de production hebdomadaire : analyse et propositions d'améliorations 9
   3.1. Etat des lieux des prévisionnels hebdomadaires de production 9
      3.1.1. Mode de communication des prévisionnels hebdomadaires de production 9
      3.1.2. Elaboration des prévisionnels hebdomadaires de production 9
      3.1.3. Elaboration des prévisionnels saison de production 9
   3.2. Diagnostic des prévisionnels hebdomadaires de production 10
      3.2.1. Fiabilité du prévisionnel hebdomadaire de production de l'OP Valprim 10
      3.2.2. Fiabilité des prévisionnels hebdomadaires de production des producteurs de Valprim 11
      3.2.3. Explications des faibles conformités des prévisionnels hebdomadaires 12
   3.3. Des moyens pour améliorer les prévisionnels hebdomadaires 14
      3.3.1. Communiquer 14
      3.3.2. Des outils d'amélioration 15
4. Détermination des facteurs qui influencent la dynamique de production de fraises, variété 'Gariguette', en culture hors sol 18
   4.1. Définition du taux d'avancement de la maturité des fruits au cours de la saison 18
      4.1.1. Détermination du taux d'avancement de la maturité des fraises 18
      4.1.2. Corrélation du taux d'avancement aux données climatiques et météorologiques 20
      4.1.3. Corrélation du nombre de fruits comptés au rendement hebdomadaire réel 21
   4.2. Etude des données climatiques et météorologiques sur la dynamique de production 23
      4.2.1. Analyse des données chez six producteurs, saison 2014 23
      4.2.2. Analyse des données chez un producteur, saisons 2012, 2013, 2014 24
      4.2.3. Vérification de l'impact du rayonnement sur la dynamique de production 28
5. Discussion 31
6. Conclusion 34

Bibliographie 35

Liste des annexes

Annexe I :
Standardisation des rendements hebdomadaires des saisons 2012, 2013 et 2014, des producteurs 332, 375, 394 et 312

Annexe II :
Localisation des producteurs de fraises en culture hors-sol représentatifs des créneaux de production de l'OP Valprim et des stations météorologiques

Annexe III :
Températures moyennes hebdomadaires extérieures, saisons 2012, 2013 et 2014

Annexe IV :
Rayonnement cumulé hebdomadaire extérieur, saisons 2012, 2013, 2014

Annexe V :
Stades de maturation des fruits et bagues correspondantes

Annexe VI :
Fiche de notation de suivi de maturité des fruits

Annexe VII :
Standardisation du rayonnement et de la température extérieurs des saisons 2012, 2013, 2014

Annexe VIII :
Rendement hebdomadaire de fraises en culture hors-sol, variété Gariguette, des saisons 2012, 2013 et 2014, chez le producteur 375

Annexe IX :
Hygrométrie sous abri en culture hors-sol de 'Gariguette' des saisons 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375

Annexe X :
Température du substrat et température ambiante sous abri, en culture hors-sol de 'Gariguette', saison 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375

Annexe XI :
Différences de températures jour et nuit et dynamique de production entre deux semaines consécutives en culture hors-sol de 'Gariguette', saisons 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375

Annexe XII :
Différences de rayonnement et dynamique de production entre deux semaines consécutives en culture hors-sol de 'Gariguette', saisons 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375

Annexe XIII :
Températures jour, nuit et 24h sous abri, en culture hors sol de 'Gariguette' chez les producteurs 313 et 375.

Annexe XIV :
Standardisation du rayonnement moyen de la saison 2014

Annexe XV :
Protocole de suivi des productions de fraises, variété 'Gariguette', en culture sur substrat, pour la saison 2015

Liste des figures

Figure 1 :
Organigramme du groupe Rougeline. Source : M. Barrabé-Manceau.

Figure 2 :
Diagramme des volumes vendus par Valprim à Rougeline en %, par espèce.

Figure 3 :
Diagramme du chiffre d'affaires de Valprim en %, par espèce.

Figure 4 :
Graphique représentant sous forme de courbes, le prévisionnel saison et les apports réels pour la variété 'Gariguette', saison 2014, tous producteurs confondus, au niveau de l'OP Valprim et sous forme d'histogramme, la conformité du prévisionnel saison par rapport aux apports réels. Lorsque l'histogramme est rayé vert, la prévision est conforme, lorsqu'il est rouge, la prévision n'est pas conforme. Le cadre vert indique la zone de conformité du prévisionnel saison. Données brutes issues du progiciel Navision.

Figure 5 :
Schématisation du cycle de développement du fraisier, variété de jours courts. Source : Guérineau et al. [8].

Figure 6 :
Schématisation du cycle de production du plant de fraisier, variété précoce de jours courts, utilisation du trayplant. Source : Guérineau et al. [8].

Figure 7 :
Schématisation de l'architecture d'un plant de fraisier. Source : M. Moreau, inspiré de Birch et Hutchings [29].

Figure 8 :
Représentation schématique du transfert journalier d'informations concernant le réajustement des prévisions de production en culture de fraises. Source : M. Moreau.

Figure 9 :
Histogramme représentant les pourcentages de semaines du prévisionnel hebdomadaire de production en culture hors-sol de 'Gariguette', par tranche de taux de réalisé. Données brutes issues du progiciel Navision.

Figure 10 :
Graphique représentant les courbes des prévisions hebdomadaires de production et des apports réels en 'Gariguette' du producteur 313 et sous forme d'histogramme, la conformité du prévisionnel hebdomadaire, saison 2014. Lorsque l'histogramme est vert, la prévision est fiable, lorsqu'il est rouge avec une bordure, la prévision n'est pas fiable. Le cadre vert indique la zone de conformité du prévisionnel hebdomadaire de production. Données brutes issues du progiciel Navision.

Figure 11 :
Graphique représentant sous forme de courbes, les apports réels en 'Gariguette' du producteur 312, le prévisionnel saison et le prévisionnel saison réajustée à la véritable semaine d'entrée en récolte et sous forme d'histogramme, la conformité par rapport aux apports réels de la courbe du prévisionnel saison (rouge avec bordure : non conforme ; rayé vert avec bordure rouge : conforme) et de la courbe du prévisionnel saison réajustée à la semaine d'entrée en récolte (orange clair : non conforme, rayé vert : conforme). Le cadre vert indique la zone de conformité du prévisionnel hebdomadaire de production. Données brutes issues du progiciel Navision.

Figure 12 :
Histogramme de standardisation du rayonnement cumulé hebdomadaire, en J/cm², des saisons 2012, 2013 et 2014, des semaines 48 à 21, par rapport à la moyenne du rayonnement cumulé hebdomadaire, des saisons 2012, 2013, 2014. Données brutes issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Figure 13 :
Histogramme de standardisation de la température moyenne hebdomadaire, en °C, ramenée au jour des saisons

2012, 2013 et 2014, des semaines 48 à 21, par rapport à la moyenne des températures hebdomadaires ramenées au jour des saisons 2012, 2013, 2014. Données brutes issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47).

Figure 14 :
Représentation du graphique à mettre en place sur Navision. Le graphique représente les volumes de fraises apportés en station en temps réel, les prévisions hebdomadaires de production, V1, les prévisions saison de production ajustées à la semaine d'entrée en récolte. Le premier tableau récapitule les données présentes sur le graphique, le second tableau récapitule le taux de réalisé des prévisions hebdomadaires de production et la conformité du prévisionnel hebdomadaire de production. Source : M. Moreau.

Figure 15 :
Courbe de rendements hebdomadaires des saisons 2012, 2013, 2014, en pourcentage par rapport aux rendements hebdomadaires cumulés à la semaine 21, de la variété 'Gariguette', cultivée chez le producteur 375, dans le compartiment 2.

Figure 16 :
Graphique représentant sous forme d'histogrammes, les températures moyennes hebdomadaires du substrat ramenées au jour et sous forme de courbes, les températures moyennes ambiantes sous abri, dans le compartiment 2, chez le producteur 375. Données issues de la station météorologique du producteur.

Figure 17 :
Représentation sous forme d'histogrammes, de la différence de température moyenne ambiante 24h sous abri, en °C, entre deux semaines consécutives et représentation sous forme de courbes de la dynamique de production, en %, saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données de températures issues de la station climatique du producteur, données de rendements issues du progiciel Navision.

Figure 18 :
Représentation sous forme de courbes, des températures moyennes hebdomadaires jour et nuit sous abri, ramenées au jour, en °C, et sous forme d'histogrammes, la différence de température entre le jour et la nuit sous abri, pour les saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données issues de la station climatique du producteur.

Figure 19 :
Rayonnement extérieur cumulé par semaine, de la semaine 9 à 19, des saisons 2012, 2013 et 2014, en J/cm². Données issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Figure 20 :
Représentation sous forme d'histogrammes, de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives sur la période allant de la floraison au pic de récolte et sous forme de courbes, de la dynamique de production en % des saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47) et données de rendement issues du progiciel Navision.

Figure 21 :
Standardisation du rayonnement cumulé hebdomadaire, en J/cm², des saisons 2012, 2013 et 2014 par rapport à la moyenne des trois saisons, sur la période de la floraison, semaine 3 à l'entrée en récolte, semaine 9. Données issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Figure 22 :
Graphique représentant sous forme de courbes, le rendement en % et sous forme d'histogrammes, la dynamique de production en %, des producteurs 375 et 313, en culture hors-sol de 'Gariguette'. Données brutes issues du progiciel Navision.

Figure 23 :
Représentation sous forme d'histogramme, de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives de la floraison, semaine 3, au pic de récolte, semaine 12 et représentation sous forme de courbe, de la dynamique de production en %, saison 2014, en culture hors sol de 'Gariguette', chez le producteur 313. Données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47) et données de

rendement issues de Navision.

Figure 24 :
Représentation sous forme d'histogramme, de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives de la floraison au pic de récolte et sous forme de courbes, de la dynamique de production en %, saison 2014, en culture hors sol de 'Gariguette', chez les producteurs 332, 351, 312 et 394. Données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47) et données de rendement issues du progiciel Navision.

Figure 25 :
Représentation sous forme de courbes, des volumes de fraises du premier jet de production de la variété 'Gariguette', apportés à l'OP, saison 2014 et la moyenne des volumes de fraises apportés à l'OP des saisons 2012, 2013 et 2014, en % par rapport au cumul des apports semaine 21, tous producteurs confondus et sous forme d'histogramme, la standardisation du rayonnement 2014 par rapport à la moyenne des saisons 2012, 2013 et 2014. Données d'apports issues du progiciel Navision et données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

* * *

Liste des tableaux

Tableau 1 :
Pourcentage de semaines fiables des saisons 2012, 2013 et 2014, des annonces hebdomadaires de production de l'OP Valprim, par variété, en culture hors-sol et sol. Durant la saison 2012, la variété 'Cléry' est incluse dans les fraises dites 'Rondes'. Données brutes issues du progiciel Navision.

Tableau 2 :
Pourcentages de semaines fiables des prévisionnels hebdomadaires de production des producteurs, par variété, des saisons 2012, 2013, 2014, toutes cultures confondues et cultures hors-sol. L'analyse est réalisée de la semaine 9 à 21. Durant la saison 2012, la variété 'Cléry' est incluse dans les fraises dites 'Rondes'. Données brutes issues du progiciel Navision.

Tableau 3 :
Pourcentage de semaines fiables par période, des saisons 2012, 2013, 2014, des annonces hebdomadaires de production des producteurs, variété 'Gariguette', en culture hors-sol. Données brutes issues du progiciel Navision.

Tableau 4 :
Pourcentage de semaines fiables du prévisionnel hebdomadaire de production par producteur en culture hors-sol, variété 'Gariguette', des saisons 2012, 2013, 2014. Une case vide correspond à une absence de culture hors-sol de 'Gariguette', durant cette saison pour un producteur donné. Données brutes issues du progiciel Navision.

Tableau 5 :
Pourcentage d'annonces sur la période de la semaine 9 à 21 pour lesquelles le taux de réalisé est inférieur à 80% (surestimation) et pour lesquelles le taux de réalisé est supérieur à 120% (sous-estimation) par producteur, variété 'Gariguette'. Une case vide correspond à une absence de culture hors sol de 'Gariguette', durant cette saison pour un producteur donné. Données brutes issues du progiciel Navision.

Tableau 6 :
Pourcentage de semaines fiables du prévisionnel saison 2014 et du prévisionnel saison 2014 amélioré par rapport aux apports réels de six producteurs sur le premier jet de production en culture hors sol de 'Gariguette'.

Tableau 7 :
Producteurs, origines des plants et créneaux de production suivis pour l'établissement du taux de maturation des fruits.

Tableau 8 :
Tableau récapitulatif des stades de maturation du fruit, du code et de la couleur correspondante.

Tableau 9 :
Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 à 2 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Tableau 10 :
Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Tableau 11 :
Récapitulation des taux d'avancement du stade 2 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Tableau 12 :
Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 et 2 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Tableau 13 :
Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 et 2 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations et de la semaine de récolte, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Tableau 14 :
Tableau récapitulatif du taux d'avancement moyen des stades 1 et 2 à 3, associé au nombre de jours entre deux observations, à la somme des GDH entre deux observations et à la température moyenne journalière déduite du GDH, variété 'Gariguette'.

Tableau 15 :
Récapitulatif du taux de réalisé, en %, par échantillon en fonction des poids moyens de la saison 2014 et de la saison 2013. Les chiffres en verts indiquent les échantillons conformes. Les cases vident correspondent à une absence de données de poids moyen par rapport à la semaine d'entrée en récolte et à la semaine de récolte.

Tableau 16 :
Récapitulation des semaines de mise en place de la culture sous abri, de leur semaine d'entrée en récolte, du cumul des GDH sous abri, en °C, des semaines 49 à 8 et des semaines 49 à 10, en culture de 'Gariguette'.

Tableau 17 :
Résultats, r^2, des corrélations linéaires réalisées entre la dynamique de production, en %, et les données climatiques et météorologiques cumulées par semaine, tous producteurs confondus. Les données climatiques proviennent des stations climatiques de chaque producteur, les données météorologiques sont issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47), les données de rayonnement sont issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Tableau 18 :
Résultats, r^2, des corrélations linéaires réalisées entre la dynamique de production, en %, et les données climatiques et météorologiques cumulées depuis la floraison, tous producteurs confondus. Les données climatiques proviennent des stations climatiques de chaque producteur, les données météorologiques sont issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47), les données de rayonnement sont issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Tableau 19 :
Cumul du rayonnement, en J/cm², de la date de floraison estimée, semaine 3, à l'entrée en récolte, semaine 9, des saisons 2012, 2013, 2014. Données issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Tableau 20 :
Cumul des températures moyennes jour, nuit et 24h, sous abri, de la semaine 3 à 9, de la saison 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', des producteurs 375 et 313. Données issues des stations climatiques des producteurs.

Tableau 21 :
Tableau récapitulatif des surfaces foliaires en m² de feuilles/m² de serre optimales en fonction du stade de la culture de fraises, variété 'Gariguette'. Références établies par l'OP Valprim en 2006.

Tableau 22 :
Tableau récapitulatif des surfaces foliaires, de la charge en fruits et du rapport nombre de fruits/surface foliaire des cultures suivies, à la troisième semaine de récoltes de chaque culture. Données relevées sur le terrain, saison 2014.

Fiabilisation des prévisions hebdomadaires de production de fraises en culture sur substrat

* * *

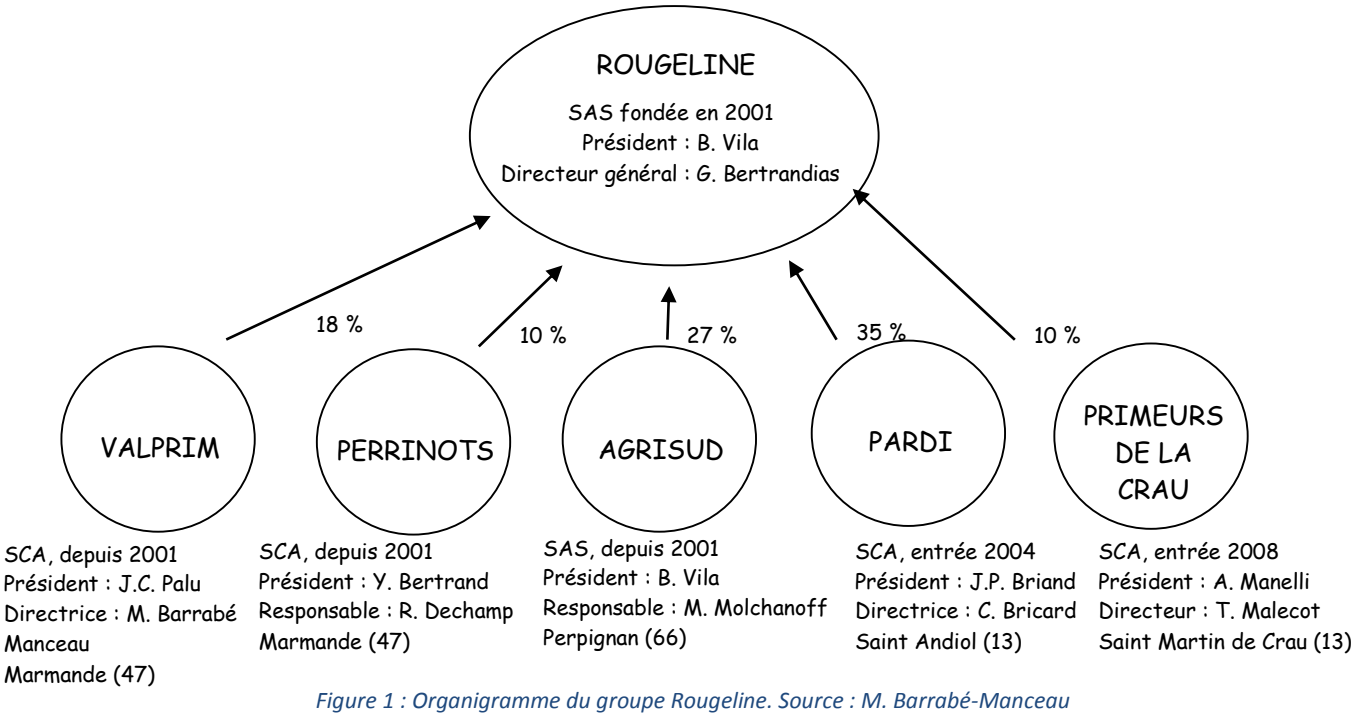


Figure 1 : Organigramme du groupe Rougeline. Source : M. Barrabé-Manceau

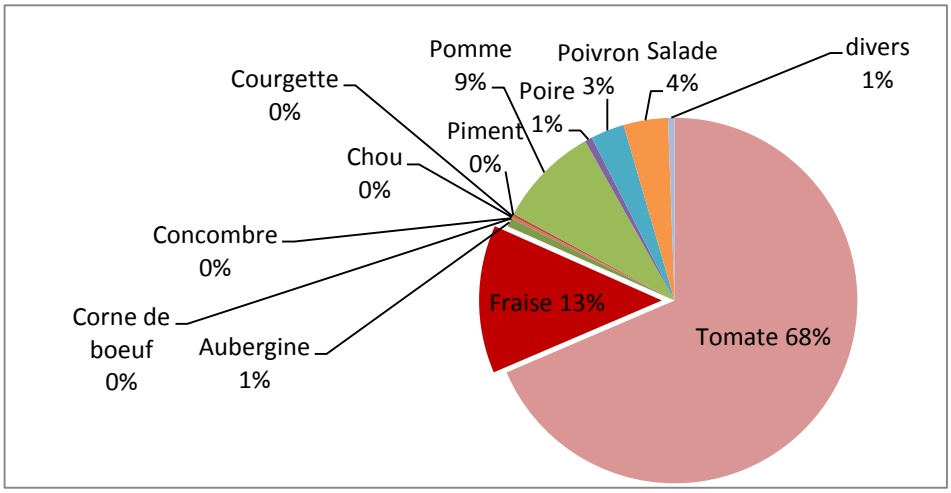


Figure 2 : Diagramme des volumes vendus par Valprim à Rougeline en %, par espèce.

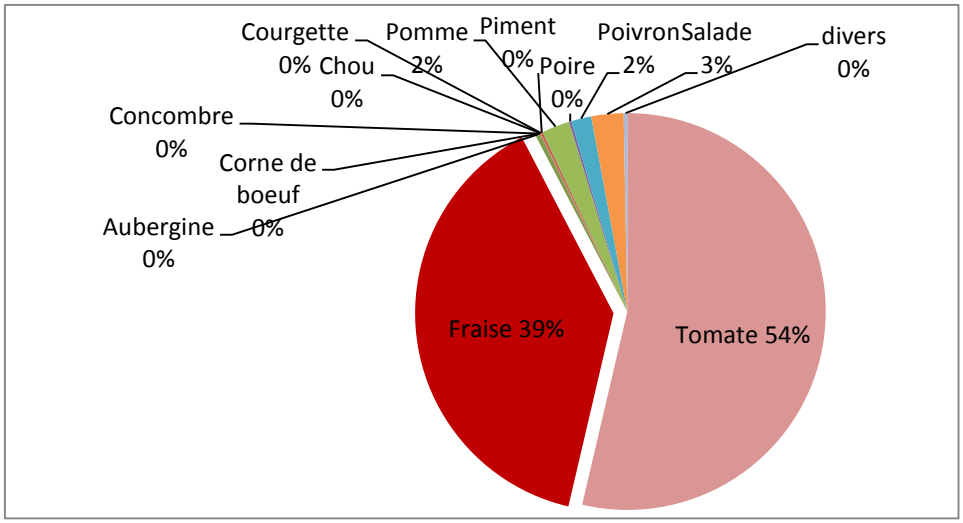


Figure 3 : Diagramme du chiffre d'affaires de Valprim en %, par espèce.

1. Introduction

En 2012, au niveau mondial, 4.3 millions de fraises sont produites par an, principalement par les Etats-Unis. La France se situe au quinzième rang des pays producteurs, en volume et en valeur. Au niveau européen, elle occupe la sixième place derrière l'Espagne, l'Allemagne, la Pologne, le Royaume-Uni et l'Ukraine, en réalisant seulement 7% de la production [1].
Au niveau national, la fraise atteint la 7ième place en termes de volume de production fruitière et la 11ième place en surface de production [2]. Dans le Lot-et-Garonne, la fraisiculture assure 25% du volume national, sur 470 ha, soit 0.9% de la SAU du département [2]. Ainsi, le Lot-et-Garonne est le premier département producteur de fraises [2]. La part de l'emploi dans le secteur agricole, 3% est la plus élevée des départements d'Aquitaine [3].

En 2013, la SAS Rougeline commercialisait 6.5% des 47000 tonnes de fraises produites en France [4]. Elle a pour mission d'organiser l'offre et de commercialiser les fruits et légumes des cinq OP actionnaires, Valprim, Perrinots, Agrisud, Pardi et Primeurs de la Crau **(cf. Figure *1*)**. Les 159 paysans de Rougeline sont implantés dans trois bassins de production, Sud-Ouest, Provence et Roussillon, ce qui favorise la complémentarité des calendriers de culture, des savoir-faire, de la proximité et d'outils [5].

En 2013, l'organisation de producteurs, OP, Valprim, située dans le Lot-et-Garonne, a fourni 13% des volumes commercialisés par Rougeline dont 47% des volumes de fraises [4]. Le chiffre d'affaires de Valprim s'élève à 24 606 825 euros dont 88% sont générés par les ventes de fruits et légumes à la SAS Rougeline et 12% par des ventes de biens et de services. En termes de volumes **(cf. Figure 2)**, précédée par la tomate avec 68% des volumes, la fraise en culture hors-sol occupe la deuxième place, 13% du volume total [6].

En termes de chiffre d'affaires **(cf. Figure 3)**, au sein de l'OP Valprim, la fraise hors-sol se situe également à la deuxième place, et représente 39% du chiffre d'affaires. La tomate, toujours au premier rang, concentre 54% du chiffre d'affaires.

Sur les 47 exploitations maraichères adhérentes à Valprim, seize producteurs cultivent de la fraise en hors-sol, ce qui représentait en 2013, 1653 tonnes de fraises apportées à l'OP. Tous les producteurs en culture hors-sol produisent la variété 'Gariguette', soit 43% des volumes de fraises. La variété 'Cléry', cultivée par sept producteurs en culture hors sol, est la deuxième variété la plus importante en termes de volumes de fraises dans l'OP Valprim, soit 35% [7].

La gestion des flux de produits est la mission du service commercial. En début de saison, les volumes de fraises augmentent rapidement. Sur cette période, pour écouler ces volumes, les commerciaux cherchent chaque semaine de nouveaux clients au produit. Afin de satisfaire chacun des clients démarchés, ils ont besoin d'une connaissance précise des volumes qui seront apportés à la station. Pour cela, deux prévisionnels sont établis. Le premier est mis en place en juin de la saison S-1 ; lors des commandes de plants par les producteurs, il est nommé *prévisionnel saison*. Il estime les volumes qui seront apportés par semaine durant la saison

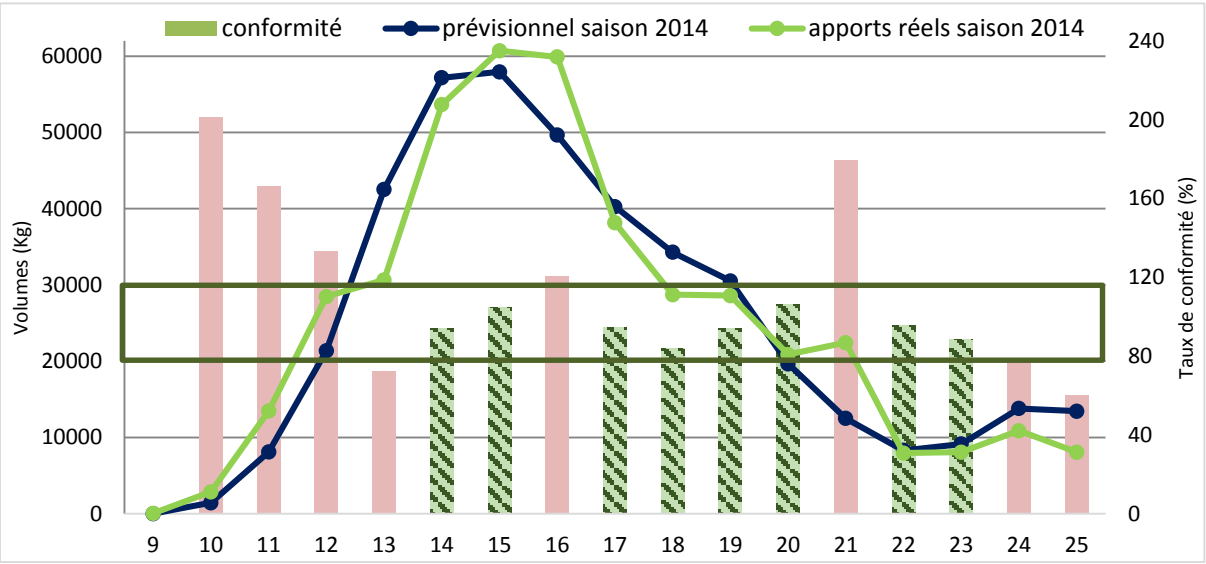


Figure 4 : Graphique représentant sous forme de courbes, le prévisionnel saison et les apports réels pour la variété 'Gariguette', saison 2014, tous producteurs confondus, au niveau de l'OP Valprim et sous forme d'histogramme, la conformité du prévisionnel saison par rapport aux apports réels. Lorsque l'histogramme est rayé vert, la prévision est conforme, lorsqu'il est rouge, la prévision n'est pas conforme. Le cadre vert indique la zone de conformité du prévisionnel saison. Données brutes issues du progiciel Navision.

suivante, en fonction des variétés et des entrées en production. Le deuxième, le *prévisionnel hebdomadaire*, est réalisé durant la saison S. Il est conçu chaque semaine pour la semaine suivante à partir des annonces hebdomadaires de production des producteurs. Il a pour objectif d'ajuster de manière fiable les volumes estimés du prévisionnel saison.

La fiabilité de ces prévisionnels de production par rapport aux volumes produits est **essentielle aux trois acteurs clefs de la filière fraise** : les producteurs et l'OP, les commerciaux et la logistique. Elle permet aux producteurs de planifier sur la saison et de manière hebdomadaire, les travaux sur les plants et les récoltes. Cette connaissance de la culture favorise alors la gestion des temps de travaux et de la main d'œuvre, principal coût dans la culture de fraises. Un prévisionnel fiable permet d'optimiser la rentabilité de la culture. Cette visibilité des volumes produits permet à l'OP Valprim de se projeter sur la saison suivante. Elle peut ainsi définir les besoins en conditionnements, en personnel à la station de conditionnement, de mettre en place des projets. Cette clarté sur les volumes à produire est essentielle au bon fonctionnement de l'OP. Connaitre de manière précise le prévisionnel des volumes à venir permet aux commerciaux d'organiser leur saison. Lors de la rencontre avec leurs clients au cours de l'hiver, ils peuvent donc établir une stratégie commerciale pour la saison future. Ensuite, durant la saison, le prévisionnel hebdomadaire leur permet de réajuster les volumes proposés aux clients en cohérence avec ce qui sera réalisé. La fiabilité du prévisionnel hebdomadaire instaure un travail en confiance entre le commercial et le client. Le prévisionnel de récolte est également primordial à la logistique pour optimiser les flux de produits, adapter l'organisation en fonction des besoins et livrer les quantités souhaitées en temps voulu.

La fraise est un produit rapidement périssable, elle ne peut donc pas être stockée en station pour gérer les flux, à la différence de la tomate par exemple. La fiabilité des prévisionnels hebdomadaires est de ce fait primordiale car la totalité des volumes présents un jour j doit être entièrement vendue et expédiée en 24h par Rougeline. Un prévisionnel est considéré fiable ou conforme lorsque le taux de réalisé, volume réalisé par rapport au volume annoncé, est compris entre 80 et 120 %, référence propre au groupe Rougeline.

Or, aujourd'hui, les prévisionnels en culture de fraises ne sont pas assez **fiables**. En 2014, le pourcentage de semaines présentant un volume d'apport compris entre 80 et 120% du **prévisionnel saison est de 47 %, tous producteurs confondus**, pour la variété 'Gariguette' **(cf. Figure 4)**. Le volume total prévu pour la fin de saison est conforme, avec un taux de réalisé de 101%. Sur le premier jet de production, la même année, le pourcentage de semaines présentant un volume d'apport compris entre 80 et 120% du **prévisionnel hebdomadaire est de seulement 34% par producteur**, pour la variété Gariguette. La prévision de la répartition des volumes de manière hebdomadaire n'est pas conforme, il est donc nécessaire de fiabiliser les annonces du prévisionnel hebdomadaire de production.

Ma mission s'insère dans le projet de proposer aux producteurs des outils leurs permettant de fiabiliser leurs annonces hebdomadaires en culture de fraises hors sol.

Quels moyens peut-on mettre en place et quelles références peut-on établir pour prédire de manière hebdomadaire les récoltes de fraises en culture hors-sol ?

Les objectifs visés par ce travail sont de plusieurs ordres :

- Améliorer l'outil du prévisionnel hebdomadaire existant,
- Chercher, en production, les facteurs qui influencent la vitesse de maturation des fraises afin d'établir des références agronomiques et/ou météorologiques sur la production hebdomadaire de fraises.

Pour répondre à ces objectifs, dans un premier temps, un diagnostic de l'outil de prévisions hebdomadaires de récoltes sera détaillé ainsi que les propositions d'améliorations. Dans un second temps, les études menées sur le terrain et l'analyse des données des saisons 2012, 2013 et 2014 seront présentées. Une discussion permettra de dégager les pistes de travail à poursuivre. Après avoir analysé la fiabilité des prévisionnels de l'ensemble des variétés, l'étude sera focalisée sur la variété principale de l'OP Valprim, en termes de volumes, 'Gariguette'. Elle correspond à une entrée en production au mois de mars, c'est à dire précoce par rapport à l'ensemble des variétés produites par les producteurs adhérents à l'OP.

* * *

2. Présentation générale : la culture de fraises sur substrat

Fragaria x ananassa, fraisier cultivé, appartient à la famille des Rosacées. C'est une plante en rosette, à croissance sympodiale. Bien qu'il s'agit d'une plante vivace, elle est généralement gardée en culture annuelle, moins de douze mois.

Sa production a débuté au cours du XVIème siècle, lorsque Amédée François Frézier, botaniste amateur, rapportait d'Amérique du Sud deux espèces octoploides, *F. chiloensis* Mill. et *F. virginiana* (L.) Mill. Les hybrides qui en découlent ont alors été nommés *F. x ananassa*, en raison de leur parfum.

2.1. La culture sur substrat

Les atouts de la culture sur substrat ou hors-sol sont à la fois économiques, agronomiques et techniques. Elle permet de fidéliser la main d'œuvre en diminuant la pénibilité du travail. Elle supprime les problèmes liés au sol (fatigue des sols, pathogènes telluriques) et favorise l'utilisation de la protection biologique intégrée de par le confinement des cultures. Enfin, elle permet une meilleure conduite des créneaux de production en favorisant la gestion des facteurs climatiques (température, hygrométrie, CO_2).
Les différents créneaux possibles en variété de printemps, en culture hors sol sont [8]:

- Précoce chauffé : l'objectif est de se positionner très tôt, mi-février (zone méditerranéenne) à début mars, sur le marché très concurrentiel en proposant un produit haut de gamme tel que 'Gariguette'. La production se fait sous abri à double parois gonflables, simple paroi ou sous serre verre. Le chauffage basse température permet d'élever la température.
- Semi-précoce chauffé : l'objectif est identique au créneau précoce chauffé, mais l'entrée en production est plus tardive d'une quinzaine de jours. La production se fait sous abri simple paroi ou multichapelles. Sur ce créneau, le chauffage basse température est également utilisé.
- hors-gel : l'objectif est de proposer un produit qualitatif, 'Gariguette' par exemple, ou standard, tel que 'Cléry', qui entre en production début avril. La production peut se faire sous tous types d'abris. Le chauffage basse température peut être utilisé pour maintenir des températures justes positives. Sur cette période, la concurrence est la plus rude car toutes les régions françaises et tous les pays européens sont en production.
- à froid : la période de production s'étend d'avril à juin. Les abris utilisés sont généralement les multichapelles et tunnels. Ce créneau de production permet de fidéliser la main d'œuvre en lui proposant du travail sur une période longue.

2.2. Physiologie du fraisier

Nous nous limiterons dans cette partie à la physiologie des variétés de printemps, de jours courts, telles que 'Gariguette', 'Ciflorette' et 'Cléry'. Elles sont les premières à entrer en récolte et donc à être présentes sur le marché.

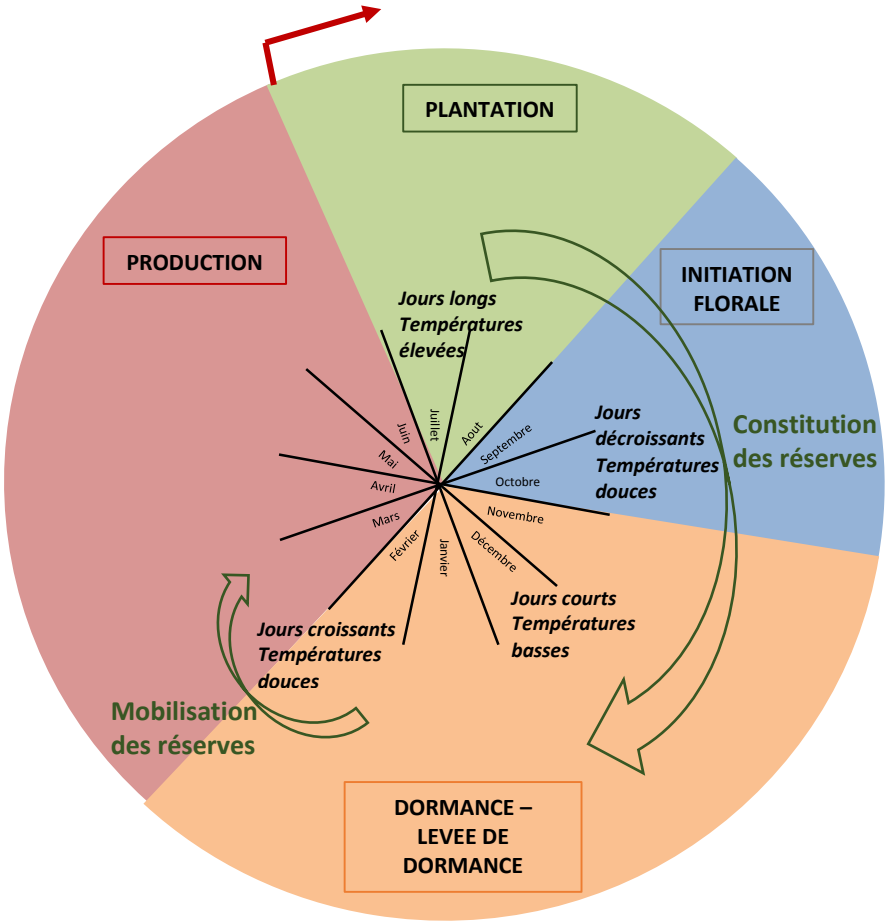


Figure 5 : Schématisation du cycle de développement du fraisier, variété de jours courts. Source : Guérineau et al. [8]

2.2.1 Cycle de développement de la variété 'Gariguette'

Au cours de l'été, le stolon est planté pour qu'il constitue des réserves pour l'hiver **(cf. Figure 5)**. La croissance du jeune plant est dépendante de l'évolution des bourgeons, régie par les méristèmes apicaux. A l'état végétatif, il produira des organes végétatifs, feuilles, stolons, rameaux ou cœurs ; à l'état reproducteur, il développera des inflorescences [9]. Ce passage de l'état végétatif à l'état reproducteur peut être découpé en trois phases [10] :

- l'induction florale : envoi d'un signal florigène jusqu'au méristème. Cette étape nécessite des températures de 16 à 20°C et une photopériode de 13 heures (septembre),
- l'initiation florale : réception du signal par le méristème. C'est l'initiation des hampes, elle perdure tant que les températures moyennes sont supérieures à 7°C (novembre-décembre),
- la différenciation florale : mise en place de la structure des hampes (fleurs primaires, secondaires, …) et de l'ébauche de la structure des fleurs. Cette phase, de l'automne au printemps, détermine le nombre de fleurs par hampe.

Les facteurs principaux régissant cette transformation et le développement qui s'en suit sont la génétique, la température et la photopériode. Une photopériode longue favorise l'induction florale et le développement de nouveaux cœurs, alors qu'une photopériode courte favorise les parties végétatives. Les températures comprises entre 7 et 25°C sont favorables à l'induction florale. Chaque cultivar de fraisier réagit différemment à l'interaction température x photopériode [10]**.** La nutrition minérale et les apports hydriques ont un rôle mineur selon Taylor (2002) [10].

Les conditions climatiques hivernales entrainent l'entrée en dormance de la plante. Les variétés sont classées suivant leur besoins en froid. Les plantes sont soumises à une température inférieure à 7°C durant 500 à 1400 h, selon leurs besoins en froid. La variété 'Gariguette', tout comme la majorité des variétés précoces, a des besoins de l'ordre de 700 à 900 heures de froid [8].

La levée de dormance s'effectue lorsque les températures plus clémentes du printemps apparaissent. Le fraisier mobilise ses réserves et prépare sa fructification. L'optimum de température jour/nuit pour le développement des racines et des fruits, poids sec, est 18/12 °C, alors que pour la croissance optimale de l'ensemble de la plante, la température jour/nuit idéale est de 25/12 °C [11]. Wang et al. (2000) [11] ont également montré que **plus les températures augmentent, plus le développement de la couleur sera rapide**, la surface du fruit et la chair deviennent plus rouge et plus foncées. Cette couleur rouge est due à un sucre dérivé de l'anthocyanidine [3].

Durant la phase de préparation du potentiel de production, le fraisier est facilement transplantable. La culture en pépinière assure toute la phase de préparation du premier jet de production. Les techniques de cultures innovantes des producteurs ont poussé les pépiniéristes à développer de nouveaux types de plants : plant frais dans les années 60, suivis du plant frigo, waiting bed, plant motte jusqu'au trayplant dans les années 90. La majorité des producteurs adhérant à Valprim utilisent le trayplant, par la suite, nous détaillerons donc rapidement sa production [9].

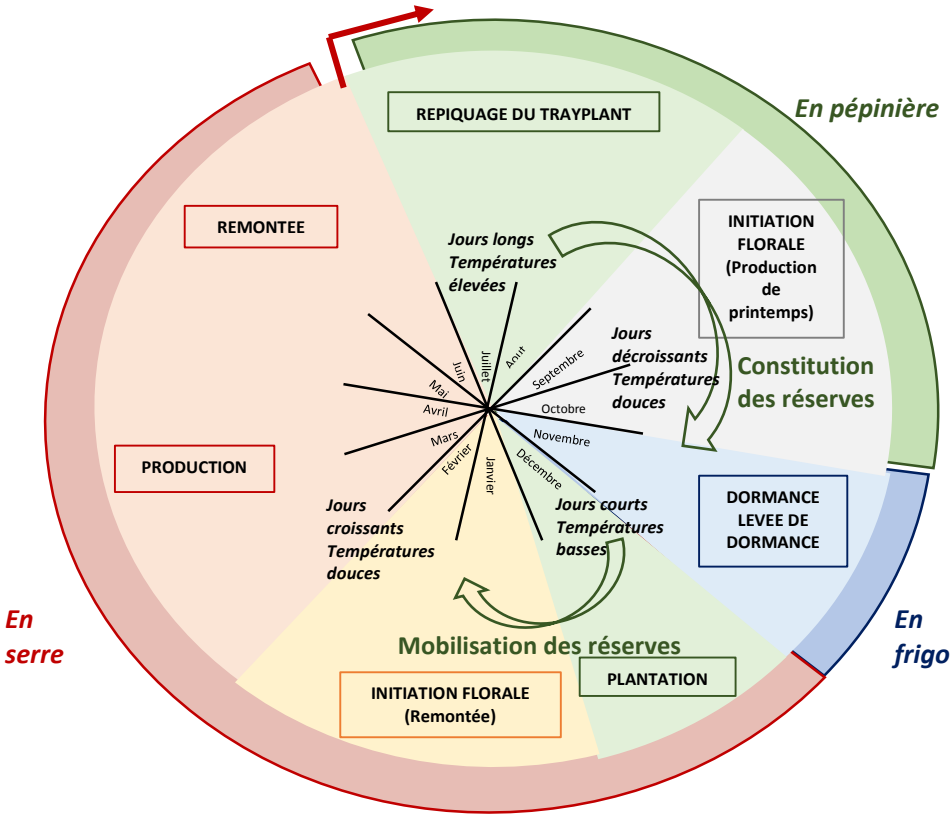


Figure 6 : Schématisation du cycle de production du plant de fraisier, variété précoce de jours courts, utilisation du trayplant. Source : Guérineau et al. [8]

2.1.2. Le trayplant

L'apparition du trayplant est liée au développement de la culture hors-sol en Belgique et aux Pays-Bas, dans les années 80. C'est un plant prêt à produire des fruits de gros calibre, entre autre sur le créneau précoce. L'entretien de la culture et l'occupation de l'abri ne couvre qu'une courte période.
Le trayplant est un stolon repiqué et cultivé dans une motte. Il est élevé en pépinière durant trois mois et demi. Les températures d'août à octobre favorisent l'émission de stolons. Il est ensuite placé en frigo, à 2°C, pour lever sa dormance. La date d'entrée en frigo dépend de la date de plantation prévue par le producteur, du stade de développement floral et de la variété. Les heures de froid subies par le trayplant sont très importantes. Le plant de la variété 'Gariguette' doit avoir reçu 700 heures de froid. Si le trayplant ne reçoit que 500 heures, une compensation par la lumière ne sera pas suffisante. Le plant restera génératif et aura un mauvais développement, des feuilles fines, des hampes frêles.
Il semblerait qu'un nombre maximal de rameaux secondaires et tertiaires, de l'ordre de trois à cinq, puissent être initiés. Au-delà, aucun nouveau rameau ne se forme dans le bourgeon terminal, ce qui fixe le nombre d'inflorescences du premier jet**. La productivité du plant dépend ensuite du nombre de fruits par inflorescence et du calibre du fruit, facteurs fortement liés à la conduite après plantation** [9].

2.1.3. Conduite après plantation

La pépinière propose un profil de plant ; la conduite culturale conditionne la dynamique de production **(cf. Figure 6)**.
Pour une production précoce, entrée en récolte début mars, le producteur choisira des trayplants dont le bourgeon terminal n'est pas trop haut, caractéristique visible grâce à une architecture du plant, et dont les hampes sont très peu avancées. Il est ensuite nécessaire de réaliser la plantation tôt, début décembre et de chauffer pour que les hampes continuent à se développer et amener les nouveaux bourgeons à un état reproductif. Au contraire, pour une entrée en production de mi-mars à fin mars, le producteur pourra choisir des plants dont le bourgeon terminal est haut [12].
Si les heures de froid n'ont pas été optimales pour couvrir les besoins, il est possible de les compenser par un éclairage artificiel. Il permet de lever la dormance et de favoriser le développement des plantes. Cet apport artificiel de lumière est réalisé par des flashs lumineux la nuit. L'éclairage est plus ou moins efficace en fonction de la météorologie, les températures sous abri et le rayonnement extérieur [8].
Durant le mois de décembre, le producteur favorise le développement des racines en maintenant une température moyenne du substrat à 8°C. Si les températures extérieures sont trop élevées, les hampes se développent au détriment des racines. La façon de chauffer est donc liée à la météorologie. De manière idéale, les plantes doivent avoir de la guttation au lever du jour, puis sécher au cours de la matinée [12].
L'irrigation doit favoriser un bon équilibre nutritif auprès des racines tout en gardant une bonne aération du substrat. Les équilibres minéraux chez les producteurs adhérents à Valprim sont comparables entre tous car ils sont définis par C. Sedilot, conseillère.

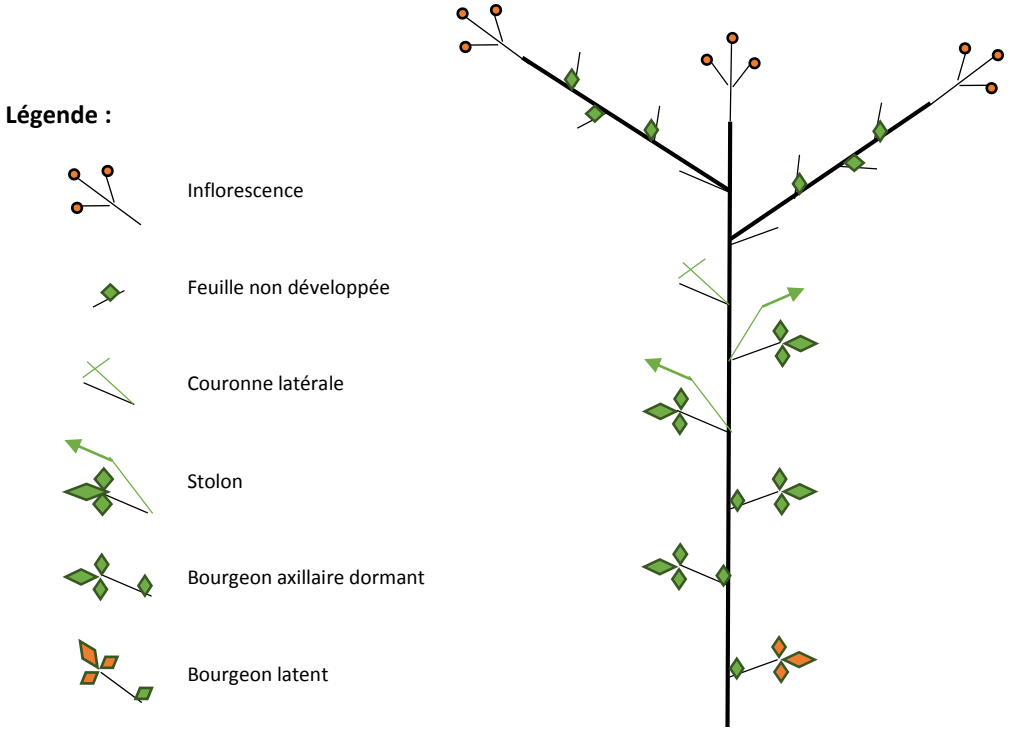


Figure 7 : Schématisation de l'architecture d'un plant de fraisier. Source : M. Moreau, inspiré de Birch et Hutchings [29].

2.1.4. Le fruit : développement et maturation

Les fleurs du fraisier sont portées par une inflorescence, la hampe florale **(cf. Figure 7)**. C'est une cyme bipare qui se développe à partir d'un bourgeon induit. Théoriquement, la hampe est composée d'une fleur primaire, qui émerge à l'extrémité de l'inflorescence ; de deux fleurs secondaires, ramifications symétriques à partir du pédoncule de la fleur primaire ; de quatre fleurs tertiaires, deux ramifications symétriques portées par le pédoncule de chaque fleur secondaire [13]. Selon une étude de Van Laarhoven (2008) [14], mise en place en Bretagne, depuis la plantation, 3000 à 3500 Growing Degree Hours, GDH, sont nécessaires pour observer les premiers symptômes de fleurs de la hampe primaire, la première hampe est terminée après 7000 à 8000 GDH. 6000 à 7000 GDH supplémentaires sont essentiels pour compléter les hampes secondaires. Le GDH est égal à la moyenne de températures 24 h moins 4.5°C, zéro végétatif du fraisier, le tout multiplié par 24, correspondant au 24 heures d'une journée.
Le fruit du fraisier est issu du développement du réceptacle après fécondation des ovules de la fleur. Les véritables fruits du fraisier sont les akènes situés sur l'épiderme externe de la baie [15]. C'est un fruit non-climactérique. Le faux-fruit se développe rapidement, en **deux grandes phases** [16] :

- **Phase de grossissement et développement du diamètre du fruit** : c'est la phase suivant la nouaison du fruit. La croissance du fruit est liée à la combinaison du nombre de cellules et de leurs expansions. Le fruit passe de la couleur verte à blanche. **Cette croissance serait liée à la différence de température entre le jour et la nuit** mais la communauté des chercheurs est en désaccord par rapport aux facteurs influençant la croissance du fruit. Cette courte phase de croissance nécessite de suivre de manière continue les différents paramètres pour déterminer les facteurs externes de croissance.
- **Phase de maturation** définit par un ensemble de changements physicochimiques (couleur, texture, odeur) : le fruit prend une teinte rose puis rouge, développe des arômes et sa texture devient plus molle pour atteindre les qualités nécessaires à la consommation. Le processus de maturation se produit généralement en 5 à 10 jours après le stade fruit blanc, en fonction de la température ambiante. Ni la respiration, ni la production d'éthylène ne sont associés au processus de maturation [17].

Une étude menée en hydroponie par Montero et al. (1996) [16] montrent que la fraise acquiert les meilleures qualités pour la consommation 28 jours après la nouaison sous le climat suivant : température moyenne jour 30 °C, température moyenne nuit 18°C, hygrométrie comprise entre 65 et 80 %, rayonnement moyen 240 W/m².
Demirsoy et al. (2007) [18] menaient une étude consistant à ombrer une culture de fraises 'Sweet Charlie' sous serre à différentes étapes de son développement tout en maintenant les autres facteurs égaux au témoin. Ils ont mis en avant qu'un ombrage de 60% de la culture de fraises lors du développement des fruits réduit significativement le nombre d'inflorescences et le rendement. Il augmente le nombre de fruits déformés et petits. Miyawaki et al. (2012) [19] ont mené des expériences sur fruits au stade blanc avec akènes verts. Ils ont observé que ces fruits exposés à une lumière de 4000 lux, à 23°C, 16 heures par jour, commençaient à se pigmenter après cinq jours d'exposition. Leur chair et leur peau sont devenues complètement rouge après 10 à 14 jours de traitement. Ces même fruits exposés à 14000 lux, à 23°C, 16 heures par jour, ont débuté leur pigmentation au bout de 2.5 jours et étaient totalement rouge après cinq jours d'exposition. On en déduit alors que le **rayonnement joue un rôle clefs durant la phase de maturation, lors de l'évolution de la couleur** de la fraise. Dans le même sens, Tsormpatsidis et al. (2011) [20] montraient que la radiation UVB accélère le processus de

coloration du fruit et accroit la composition du fruit en anthocyanine, les fruits sont également plus fermes.
Le taux d'avancement de la maturité des fruits serait également corrélé à la température. Cette dernière semblerait négativement corrélée au rendement total, au nombre de fruits et à leur poids moyen. Elle affecterait également la durée de la période de récolte. **Plus les températures sont hautes, plus la durée de récolte serait courte [21].**

Réalisons maintenant le diagnostic de l'outil de prévisions hebdomadaires de production afin de déterminer la ou les origine(s) du mauvais taux de conformité des annonces hebdomadaires de production et de proposer des améliorations.

* * *

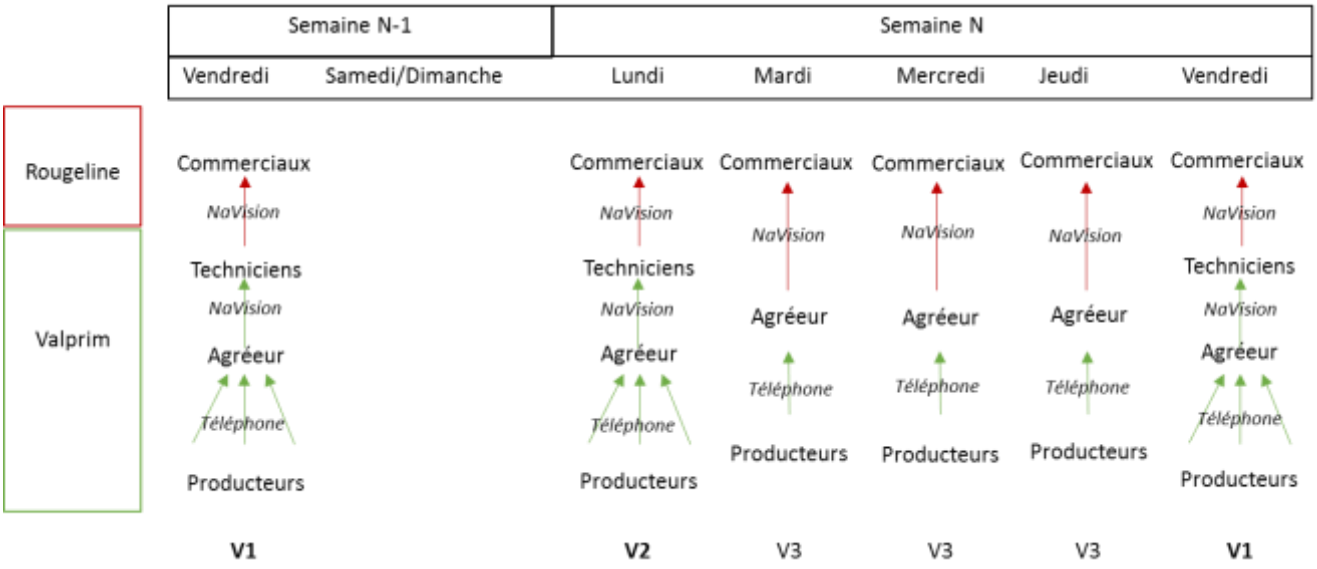


Figure 8 : Représentation schématique du transfert journalier d'informations concernant le réajustement des prévisions de production en culture de fraises. Source : M. Moreau.

3. Le prévisionnel de production hebdomadaire : analyse et propositions d'améliorations

3.1. Etat des lieux des prévisionnels hebdomadaires de production

3.1.1. Mode de communication des prévisionnels hebdomadaires de production

Au niveau de l'OP Valprim, chaque vendredi matin de la semaine N-1, les producteurs contactent le service réception, pour lui annoncer ses prévisions d'apports hebdomadaires et journaliers durant la semaine N. Le service réception saisit, via un progiciel de gestion intégrée, les prévisions annoncées par les producteurs, c'est la version V1 du prévisionnel hebdomadaire. Cet outil de gestion, Navision, permet de gérer l'ensemble des processus de l'entreprise. Il comporte plusieurs modules intégrés entre eux tels que prévisionnel de production pour la saison, informations hebdomadaires, gestion de chaînes logistiques, de stocks, d'achats, de ventes. L'équipe d'accompagnement technique des producteurs valide ce prévisionnel sur Navision. Au niveau de Rougeline, l'animateur technique synthétise les éléments des OP à l'attention des commerciaux.
Chaque lundi matin de la semaine N, les producteurs réajustent leurs prévisionnels, hebdomadaires et journaliers, auprès du service réception, pour la semaine en cours. Au niveau de Rougeline, la V2 du prévisionnel hebdomadaire est communiquée aux commerciaux.
Il existe également un réajustement quotidien des annonces, appelé V3 **(cf. Figure 8)**.

3.1.2. Elaboration des prévisionnels hebdomadaires de production

Pour réaliser ses prévisions hebdomadaires, le producteur dispose de différents moyens. Il s'appuie sur le prévisionnel saison personnalisé, ses apports réalisés durant la semaine en cours, le stade de développement de sa culture et les prévisions météorologiques. Les producteurs les plus impliqués cherchent à évaluer un taux d'avancement de maturation des fruits, c'est-à-dire évaluer le rendement de la semaine suivante par un comptage de fruits. Ils recensent le nombre de fruits par plante, leur stade de développement et estime un poids moyen de fruit. En fonction des prévisions météorologiques et de leur manière de chauffer, ils déterminent un rendement moyen.

L'équipe d'accompagnement technique des producteurs confirme la V1 en fonction de la courbe de prévisionnel de production saison et de l'état de la culture durant la semaine. La validation de la V2 le lundi est principalement basée sur la météorologie du week-end et l'observation de la maturité des fruits dans la serre.

3.1.3. Elaboration des prévisionnels saison de production

Le prévisionnel saison renseigne sur la semaine d'entrée en récolte prévue et les volumes hebdomadaires d'apports attendus au cours de la saison. Il repose sur des références hebdomadaires de production par variété et par précocité. Lorsqu'on parle de « références

hebdomadaires de production », il s'agit d'une moyenne hebdomadaire basée sur les apports antérieurs des producteurs de fraises. Le même prévisionnel saison de production est proposé à tous les fraisiculteurs qui cultivent la même variété sur le même créneau. Or selon les producteurs, pour des plants de même origine et de même lot, les rendements sont plus ou moins importants en fonction de la conduite de culture. C'est pourquoi, le prévisionnel de production pour la saison est personnalisé par producteur. Il repose sur le créneau de production, sur les moyennes d'apports hebdomadaires antérieurs du producteur, par variété et par précocité et sur l'état d'avancement de la culture. Il est exclu de cette moyenne les années dites accidentelles, c'est-à-dire, les années où les rendements sont mauvais sur un bloc pour diverses raisons (problèmes sanitaires, fruits déformées par exemple). Les prévisionnels de production saison sont établis au mois de juin, lorsque les producteurs commandent les plants de fraises pour la saison suivante. Ces prévisions de production par variété, précocité et producteur sont ensuite réunies par OP puis regroupées au niveau de Rougeline afin de proposer aux commerciaux durant l'hiver un prévisionnel de production pour la saison à venir, par variété, tous producteurs et toutes OP confondus. Ces prévisions saison de production sont transmises aux commerciaux via le progiciel de gestion intégrée, Navision. Le prévisionnel de production saison est réajusté au mois de février en fonction de l'état d'avancement des cultures, de la charge en fruits, de l'équilibre génératif des plantes et des tendances météorologiques juste avant le début de récolte.
Cette communication constante de la production à la commercialisation est le point central du bon fonctionnement de Rougeline, du producteur au client.

3.2. Diagnostic des prévisionnels hebdomadaires de production

Dans cette partie, afin de faciliter la lecture, nous utiliserons les raccourcis suivants :

- « Taux de réalisé » : c'est le rapport des volumes apportés à l'OP sur le prévisionnel multiplié par 100, en pourcentage.
  Taux de réalisé, semaine N = (volumes réels apportés à l'OP semaine N / la prévision de production semaine N issue du prévisionnel hebdomadaire) * 100
- « fiable » et « conforme » : lorsque le taux de réalisé est compris entre 80 et 120%, alors il est fiable ou conforme. C'est une référence propre au groupe Rougeline.
- « Pourcentage de semaines fiables/conformes » : il s'agit du nombre de semaines, en pourcentage, durant lesquelles le taux de réalisé est compris entre 80 et 120%.

Aujourd'hui, la priorité vis-à-vis du prévisionnel hebdomadaire de production est de fiabiliser les annonces en début de saison, lors de l'entrée en récolte. Sur cette période, les volumes augmentent rapidement, les commerciaux doivent vendre la totalité des apports, en 24 heures, tout en fidélisant leurs clients. Pour ces raisons, ils doivent avoir une connaissance précise des volumes qui seront apportés durant la semaine.

3.2.1. Fiabilité du prévisionnel hebdomadaire de production de l'OP Valprim

Les pourcentages de semaines fiables des saisons 2012, 2013 et 2014 du prévisionnel hebdomadaire de production de l'OP Valprim, par variété, en culture hors-sol et sol sont récapitulés dans le **Tableau 1.** L'analyse est réalisée sur le premier jet de production, soit du début de récolte à la semaine 21.

Tableau 1 : Pourcentage de semaines fiables des saisons 2012, 2013 et 2014, des annonces hebdomadaires de production de l'OP Valprim, par variété, en culture hors-sol et sol. Durant la saison 2012, la variété 'Cléry' est incluse dans les fraises dites 'Rondes'. Données brutes issues du progiciel Navision.

Variétés	2012	2013	2014
Gariguette	50	57	64
Ciflorette	58	50	46
Cléry		77	50
Ronde	45	23	18

Tableau 2 : Pourcentages de semaines fiables des prévisionnels hebdomadaires de production des producteurs, par variété, des saisons 2012, 2013, 2014, toutes cultures confondues et cultures hors-sol. L'analyse est réalisée de la semaine 9 à 21. Durant la saison 2012, la variété 'Cléry' est incluse dans les fraises dites 'Rondes'. Données brutes issues du progiciel Navision.

Variétés		2012	2013	2014
Gariguette	Hors sol et sol	31	38	35
	Hors sol	34	39	36
Ciflorette	Hors sol et sol	32	27	29
	Hors sol	32	27	32
Cléry	Hors sol et sol		35	25
	Hors sol		37	28
Ronde	Hors sol et sol	32	38	29
	Hors sol	38	37	25

Tableau 3 : Pourcentage de semaines fiables par période, des saisons 2012, 2013, 2014, des annonces hebdomadaires de production des producteurs, variété 'Gariguette', en culture hors-sol. Données brutes issues du progiciel Navision.

Périodes	2012	2013	2014
Mars (semaine 10 à 13)	30	28	29
Avril (semaine 14 à17)	38	50	48
Mai (semaine 18 à 21)	32	38	26

Tableau 4 : Pourcentage de semaines fiables du prévisionnel hebdomadaire de production par producteur en culture hors-sol, variété 'Gariguette', des saisons 2012, 2013, 2014. Une case vide correspond à une absence de culture hors-sol de 'Gariguette', durant cette saison pour un producteur donné. Données brutes issues du progiciel Navision.

Producteurs	2012	2013	2014
337	25	9	54
310	31	44	42
374	45	18	40
302	0	29	38
332	33	55	36
312	45	45	33
375	38	38	33
313	29	42	31
338	45		29
351	42	73	22
358		20	22
325	30	29	20
394	22	44	10

Depuis 2012, au niveau de l'OP, le prévisionnel hebdomadaire annoncé à Rougeline a progressé en fiabilité uniquement pour la variété 'Gariguette'. En 3 ans, la fiabilité a augmenté de 14%, ainsi aujourd'hui, deux annonces sur trois sont fiables. Au contraire, elle s'est dégradée pour les variétés 'Ciflorette', diminution de 12% en 3 ans, 'Cléry', diminution de 27% en 2 ans et 'Ronde', diminution de 27% en 3 ans. En 2014, pour les variétés 'Ciflorette' et 'Cléry', une annonce sur deux est fiable contre à peine une annonce sur cinq pour les 'Rondes' **(cf. Tableau 1)**.

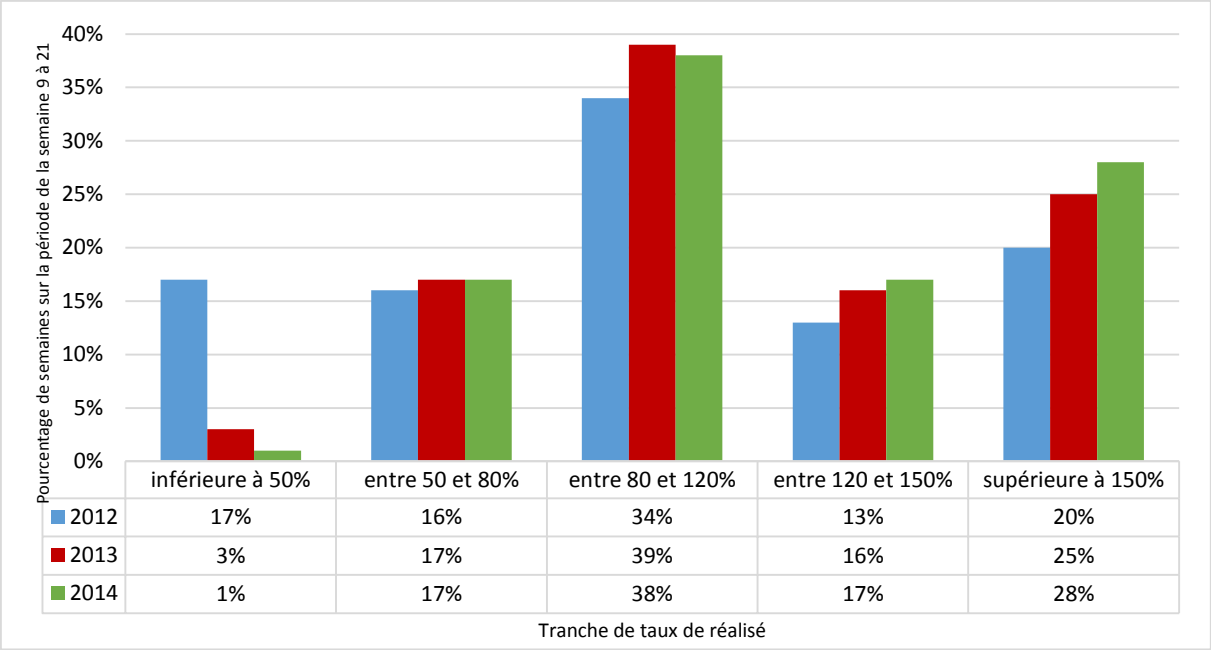
3.2.2. Fiabilité des prévisionnels hebdomadaires de production des producteurs de Valprim

Les pourcentages de semaines fiables des prévisionnels hebdomadaires des producteurs, par variété, des saisons 2012, 2013 et 2014 sont récapitulés dans le **Tableau 2.** La comparaison est réalisée sur le premier jet de production, soit du début de récolte à la semaine 21.

Si au niveau global de l'OP tous producteurs confondus, sur le premier jet de production, les annonces sont fiables pour 64% des semaines du prévisionnel hebdomadaire de production de 'Gariguette', seules 35% des semaines des prévisionnels hebdomadaires de production des producteurs sont fiables, cultures hors-sol et sol confondues et 36% pour les cultures hors-sol. Pour les variétés 'Gariguette' et 'Ciflorette' en culture hors-sol, la fiabilité du prévisionnel hebdomadaire est stable sur les trois saisons. Un tiers des prévisions sont conformes aux apports. Pour les variétés 'Cléry' et 'Ronde', la fiabilité a diminué, respectivement de 9% entre 2013 et 2014 et 12 % entre 2012 et 2014. Pour ces deux variétés, seule une prévision sur quatre est fiable en 2014.

Focalisation sur le premier jet de production de la variété 'Gariguette', en culture hors-sol **(cf. Tableau 3).**
Pour la variété 'Gariguette', le mois de mars correspond à l'entrée en production de la culture donc à l'augmentation des volumes, le mois d'avril à l'optimum de production et le mois de mai à la fin du premier jet de production, c'est à dire à la diminution des rendements.
Pour la variété 'Gariguette', le pourcentage de semaines fiables du prévisionnel hebdomadaire est meilleur au mois d'avril sur les trois saisons. Par rapport à 2012, le taux de réalisé des saisons 2013 et 2014 est meilleur sur cette période, une annonce sur deux a un taux de réalisé conforme. Le pourcentage de semaines fiables sur les périodes d'entrée en production et de fin de premier jet, est faible pour l'ensemble des saisons, seulement trois annonces sur dix ont un taux de réalisé compris entre 80 et 120 %.

Par producteur, en culture hors sol de 'Gariguette', les meilleurs pourcentages de semaines fiables sont obtenus durant la saison 2013 **(cf. Tableau 4)**. Durant cette saison, 50% des producteurs communiquent deux prévisions fiables sur cinq, pour seulement 33% en 2012 et 23% en 2014. 16% des producteurs renseignent en 2013, une prévision sur deux fiable contre 0% en 2012 et 7% en 2014.



	inférieure à 50%	entre 50 et 80%	entre 80 et 120%	entre 120 et 150%	supérieure à 150%
2012	17%	16%	34%	13%	20%
2013	3%	17%	39%	16%	25%
2014	1%	17%	38%	17%	28%

Figure 9 : Histogramme représentant les pourcentages de semaines du prévisionnel hebdomadaire de production en culture hors-sol de 'Gariguette', par tranche de taux de réalisé. Données brutes issues du progiciel Navision.

Tableau 5 : Pourcentage d'annonces sur la période de la semaine 9 à 21 pour lesquelles le taux de réalisé est inférieur à 80% (surestimation) et pour lesquelles le taux de réalisé est supérieur à 120% (sous-estimation) par producteur, variété 'Gariguette'. Une case vide correspond à une absence de culture hors sol de 'Gariguette', durant cette saison pour un producteur donné. Données brutes issues du progiciel Navision.

Producteurs	***2012***	***2013***	***2014***	***2012***	***2013***	***2014***
	Taux de réalisé < 80% : surestimé			**Taux de réalisé > 120% : sous-estimé**		
325	59	28	**40**	11	43	**40**
332	25	19	28	42	36	36
351	38	9	35	20	18	43
312	10	10	11	45	45	56
358		0	21		80	57
338	10		42	45		29
302		28	33		43	29
394	11	23	33	67	33	57
374	33	38	30	22	60	30
375	20	45	3	42	17	64
310	44	12	22	25	44	36
313	25	13	27	46	45	42
337	25	45	13	50	36	33

Durant les saisons 2013 et 2014, la majorité des producteurs sous-estiment très largement leur prévisionnel hebdomadaire de production, taux de réalisé supérieur à 120%, avec même, respectivement 25% et 28% de cas avec un écart d'apport par rapport au réalisé supérieur à 150%, alors que la répartition par tranche de taux de réalisé est équivalente durant la saison 2012 **(cf. Figure 9)**.

La majorité des producteurs, 64% en 2012, 83% en 2013 et 70% en 2014, sous-estiment leur prévisionnel hebdomadaire de production, leurs apports sont supérieurs à 120% de leur prévisionnel. En 2014, 15% des producteurs ont sur- et sous-estimé de manière égale. Sur les trois saisons, 38% des producteurs sous-estiment préférentiellement leur prévisionnel hebdomadaire et, deux saisons sur trois, 31% des producteurs ont sous-estimé leur prévisionnel **(cf. Tableau 5)**.

On retiendra que :

Le taux de fiabilité global au niveau de l'OP est meilleur que le taux de fiabilité par producteur.
La fiabilité des prévisionnels hebdomadaires des producteurs est globalement insuffisante. Cette fiabilité est meilleure au mois d'avril lors des plus gros volumes de production, mais reste très imprécise.
Les prévisionnels hebdomadaires des producteurs sont majoritairement inférieurs aux apports réels. Les producteurs sous-estiment leurs prévisionnels hebdomadaires, ils sont pessimistes.

3.2.3. Explications des faibles conformités des prévisionnels hebdomadaires

Les faibles conformités des prévisions hebdomadaires de production de 'Gariguette' ont différentes origines.
Certains producteurs ne donnent pas ou peu d'informations sur les volumes à venir mais apportent tout de même des volumes à la station de conditionnement. Ces absences d'annonces semblent traduire un manque de conscience des retombées commerciales et de la force de communication au sein du groupe Rougeline.

Concernant les producteurs qui réalisent les annonces, il y a différentes explications à la mauvaise conformité de leurs prévisions hebdomadaires de production.
Premièrement, certains producteurs ne prennent pas en compte les apports réalisés durant la semaine en cours. Il existe deux explications à ce fait. Tous les producteurs n'enregistrent pas les volumes qu'ils apportent à la station quotidiennement et ne prennent pas le temps de demander à l'agréeur, le vendredi, ces volumes. Or, le progiciel Navision permet de consulter les apports réalisés en station de conditionnement. Les producteurs peuvent également consulter leurs apports via l'extranet. La deuxième explication concerne l'état de la culture de fraises (charge en fruits, stade de maturité). Nombreux sont les producteurs qui cultivent d'autres espèces soit maraichères, soit de grandes cultures. Sur certaines périodes, ils sont davantage occupés par l'autre activité, ils réalisent leur prévisionnel sans, parfois, avoir analysé l'état de la culture de fraises.

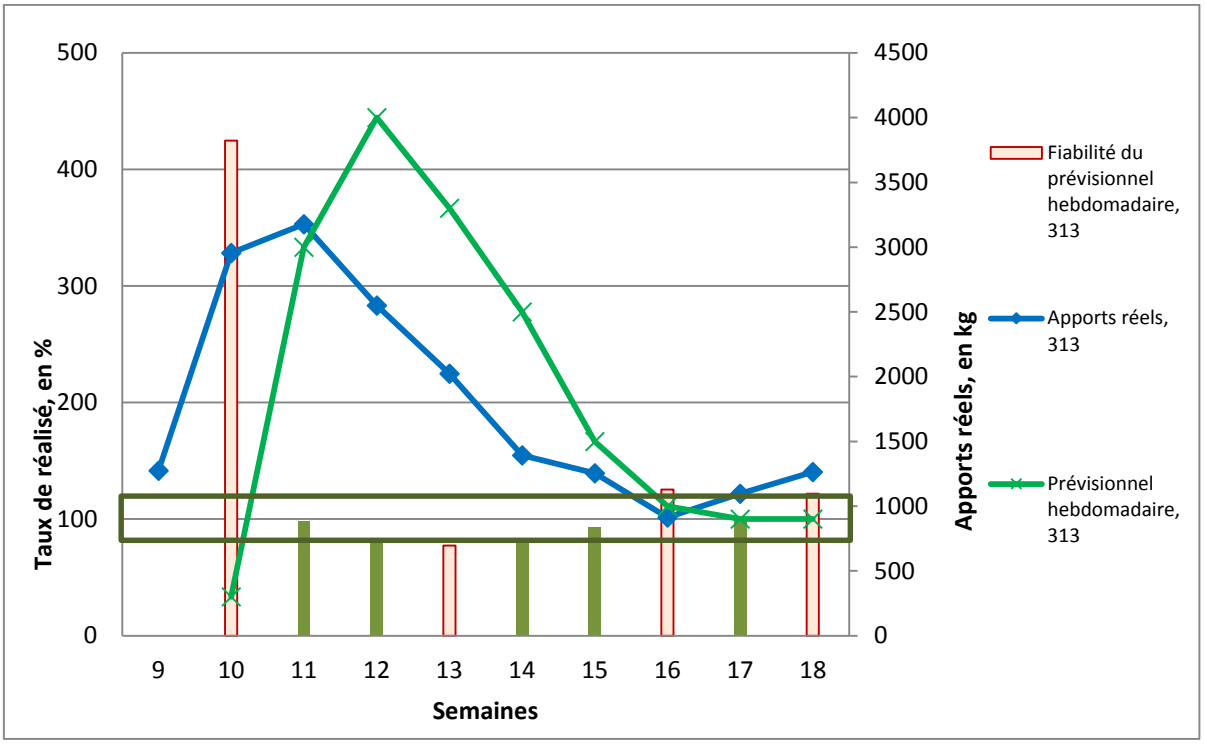


Figure 10 : Graphique représentant les courbes des prévisions hebdomadaires de production et des apports réels en 'Gariguette' du producteur 313 et sous forme d'histogramme, la conformité du prévisionnel hebdomadaire, saison 2014. Lorsque l'histogramme est vert, la prévision est fiable, lorsqu'il est rouge avec une bordure, la prévision n'est pas fiable. Le cadre vert indique la zone de conformité du prévisionnel hebdomadaire de production. Données brutes issues du progiciel Navision.

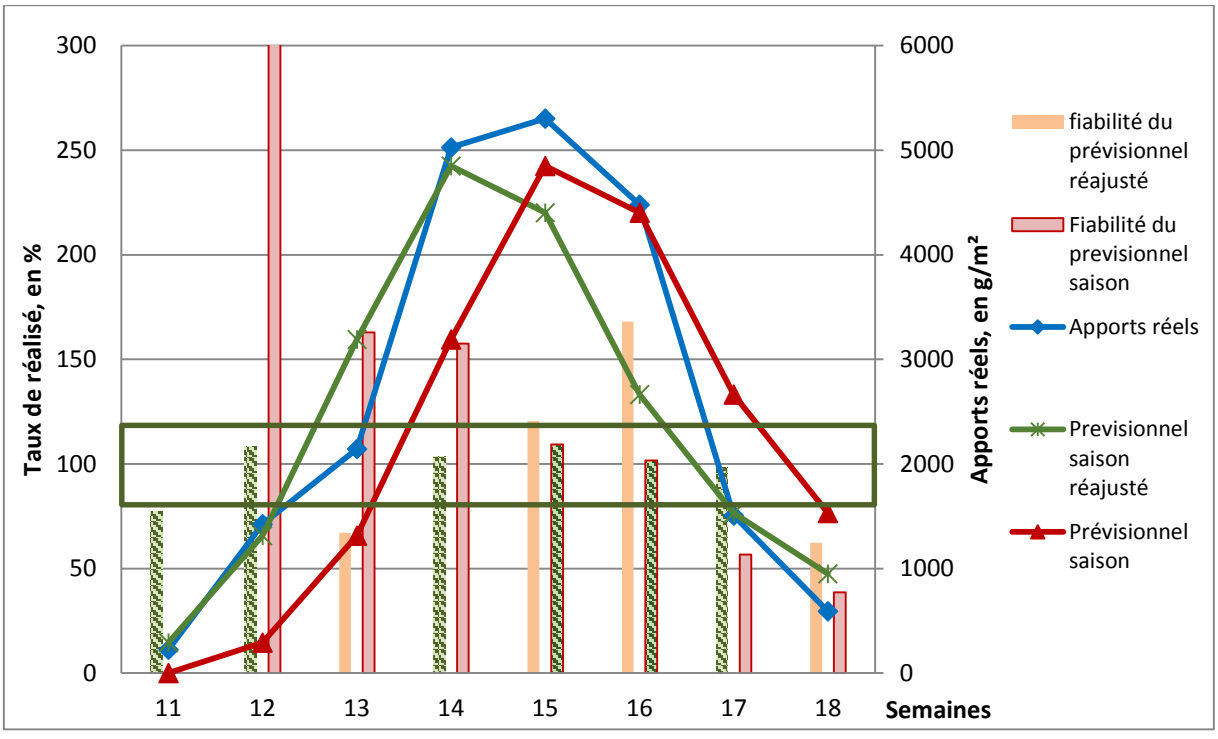


Figure 11 : Graphique représentant sous forme de courbes, les apports réels en 'Gariguette' du producteur 312, le prévisionnel saison et le prévisionnel saison réajustée à la véritable semaine d'entrée en récolte et sous forme d'histogramme, la conformité par rapport aux apports réels de la courbe du prévisionnel saison (rouge avec bordure : non conforme ; rayé vert avec bordure rouge : conforme) et de la courbe du prévisionnel saison réajustée à la semaine d'entrée en récolte (orange clair : non conforme, rayé vert : conforme). Le cadre vert indique la zone de conformité du prévisionnel hebdomadaire de production. Données brutes issues du progiciel Navision.

Sur l'exemple de la **Figure 10**, on constate que, en semaine 10, pour le producteur 313, le prévisionnel hebdomadaire est très inférieur aux apports de la semaine précédente, semaine 9. Or il s'agit de la deuxième semaine de récolte, donc il est impossible que le rendement diminue de la manière prévue par le producteur. Avant d'avoir réalisé ses annonces hebdomadaires, le producteur ne semble pas avoir pris connaissance des volumes apportés en station durant la semaine en cours.

Deuxièmement, les producteurs ne s'appuient pas assez sur le prévisionnel saison, outil guide du prévisionnel hebdomadaire, qui est régulièrement un peu plus fiable que les prévisions hebdomadaires de production. Le prévisionnel saison n'est pas non plus réajusté à la véritable semaine d'entrée en récolte. On constate sur la **Figure 11** que lors du réajustement du prévisionnel saison par rapport à la semaine d'entrée en récolte, le taux de réalisé est amélioré. Dans ce cas, le nombre de semaines fiables augmente de 33 à 50%.

Troisièmement, les producteurs n'ont pas de retour sur la fiabilité de leur prévisionnel hebdomadaire. De ce fait, certains producteurs sous- ou sur-estiment de manière répétée leurs prévisions hebdomadaires de production, sans en avoir connaissance. Cette absence de retour concernant la fiabilité du prévisionnel hebdomadaire de production réduit l'importance de la bonne réalisation des annonces de manière implicite.

Quatrièmement, les producteurs ne disposent pas de bases de données concernant la météorologie des saisons antérieures et des semaines passées de la saison en cours. Lorsqu'ils estiment les prévisions hebdomadaires de production en fonction de la météorologie, les producteurs se basent sur un ressenti et non sur de réelles données ce qui induit un biais considérable, en particulier sur la confusion entre rayonnement élevé et température haute. De même, les producteurs les plus impliqués cherchent à estimer un taux d'avancement de maturation des fruits or ils ne possèdent pas de bases fixes d'estimation de rendement auxquelles se référer (nombre de fruits orange et blanc par rapport au nombre de fruits total, poids moyen, conditions météorologiques). Chaque semaine l'estimation est alors basée sur un souvenir des semaines et saisons précédentes.

Cinquièmement, de nombreux producteurs pensent qu'il est préférable de sous-estimer plutôt que de surestimer. Ils jugent que le commerce serait dans une situation plus difficile dans le cas d'une survente par rapport aux apports réels.

On retiendra que :

Les faibles conformités des prévisionnels hebdomadaires semblent liées :

- *à une implication variable suivant les producteurs et les périodes de la saison,*
- *à un manque de communication entre les producteurs et l'OP entre autre concernant le suivi des conformités des prévisionnels hebdomadaires de production,*
- *une absence de traçabilité des données des saisons et semaines antérieures.*

3.3. Des moyens pour améliorer les prévisionnels hebdomadaires

D'après le diagnostic précédent, la faible conformité des prévisions hebdomadaires de production a deux origines : une communication restreinte et des outils peu optimisés ou manquants.

3.3.1. Communiquer

Deux constats sont établis. D'une part, la force d'un prévisionnel fiable sur l'impact commercial du produit et donc sur la rémunération du producteur ne s'avère pas être comprise par l'ensemble des producteurs. D'autre part, l'absence de visibilité des apports effectués et de la conformité des prévisions hebdomadaires réalisées restreint l'importance du prévisionnel saison auprès des producteurs.
Pour remédier à ces faits, il est nécessaire de mieux ou davantage communiquer. Ainsi, en début de saison, il est primordial de rappeler aux producteurs les retombées des prévisions hebdomadaires sur l'ensemble de la filière et sur leur rémunération en prenant appui sur des exemples concrets qui l'ont affectés. Cette démarche a pour but d'encourager le producteur à réaliser des prévisionnels hebdomadaires de production et à les annoncer avec une réflexion préalable à l'annonce. A cette occasion, il est également essentiel de rappeler les moyens qu'il possède pour annoncer de manière fiable ses prévisions hebdomadaires de production. Il s'agit :

1- Les méthodes existantes :
   - la courbe de prévisionnel saison établie par les conseillers, à réajuster lors de l'entrée en récolte de la culture,
   - des apports effectués durant la semaine en cours,
   - de l'état de la culture (surface foliaire de la plante, charge en fruit), de l'aspect sanitaire (présence ou non de botrytis, de fruits déformés), du choix de conduite (chauffage, CO_2).
2- Les méthodes à mettre en place :
   - les références des conditions météorologiques, données extérieures, des années précédentes et des semaines antérieures de la saison en cours,
   - les références des conditions climatiques, données sous abri, des années précédentes et des semaines antérieures de la saison en cours, par producteur,
   - les apports des saisons précédentes et des semaines antérieures de la saison en cours.

De cette manière, le producteur dispose d'outils permettant la réalisation des prévisions hebdomadaires de production.
Ces rappels peuvent être réalisés sous deux formes. Pour les producteurs qui réalisent peu ou pas d'annonces, les explications précédentes doivent être présentées lors d'un rendez-vous durant lequel chaque point sera détaillé avec attention. Pour les producteurs davantage investis dans ce travail, un récapitulatif sous forme de message électronique peut suffire à remobiliser le producteur en début de saison.

En cours de saison, dans l'objectif de maintenir l'attention du producteur sur les prévisions hebdomadaires de récolte, il est fondamental de l'informer de manière hebdomadaire et officielle sur la conformité de ses prévisions. Pour une bonne visibilité et une compréhension

Tableau 6 : Pourcentage de semaines fiables du prévisionnel saison 2014 et du prévisionnel saison 2014 amélioré par rapport aux apports réels de six producteurs sur le premier jet de production en culture hors sol de 'Gariguette'.

Producteur	***Prévisionnel saison 2014***	***Prévisionnel saison 2014 amélioré***
332	64	64
351	25	30
312	18	22
394	0	20
375	8	46
313	8	23

rapide, cette information doit être présentée sous forme de graphique sur lequel sont représentés :

- les apports hebdomadaires du producteur,
- les prévisions saison de production réajustées à la semaine d'entrée en récolte du producteur,
- les prévisions hebdomadaires de production, V1, effectuées par le producteur,
- le taux de conformité hebdomadaire correspondant.

3.3.2. Des outils d'amélioration

3.3.2.1.Amélioration des prévisionnels saison de production

Afin d'améliorer l'outil de prévisions hebdomadaires de production, il s'agit, au sein de l'OP Valprim d'améliorer l'outil principal sur lequel s'appuient les producteurs, c'est-à-dire le prévisionnel saison de production. Il est aujourd'hui construit à partir des moyennes d'apports hebdomadaires antérieurs, du producteur, par variété et précocité, sans prendre en compte la semaine d'entrée en récolte. Or, lors de son établissement, il est nécessaire d'ajuster, toujours par producteur et précocité, les véritables semaines d'entrée en récolte de chaque saison. Puis de calculer la moyenne qui constituera le prévisionnel saison de production de l'année suivante. Pour illustrer l'explication, il s'avère que certains producteurs récoltent quelques jours en début de saison, sans apporter ses faibles volumes à la coopérative, vente directe par exemple. La culture est cependant déjà entrée en récolte. Dans ce cas, nous considérons la première semaine d'apport à la station comme la deuxième semaine de récolte.

L'exemple du **Tableau 6** est basé sur six producteurs, car ils sont représentatifs des créneaux de production de l'OP Valprim. On constate que la conformité du prévisionnel saison ajusté à la semaine d'entrée en récolte offre un fiabilité plus importante pour cinq producteurs sur six et égale pour le producteur qui possède la conformité la plus élevée avec le prévisionnel saison non amélioré. Les prévisions sont davantage conformes avec le prévisionnel saison 2014 amélioré sur la période de l'optimum de récolte pour quatre producteurs sur six ; sur la deuxième partie de la pente d'entrée en récolte pour trois producteurs sur six et sur la fin du premier jet de production pour trois producteurs sur six.
Le nombre de semaines fiables de ce prévisionnel saison de production amélioré possède de grands écarts entre les six producteurs étudiés. Pour expliquer ces différences de fiabilité, nous avons étudié les dynamiques du premier jet de production, de la semaine 8 à 21, en culture hors sol de 'Gariguette', des saisons 2012, 2013 et 2014 de ces six producteurs. Pour ce faire, le rendement hebdomadaire par saison et par producteur est converti en pourcentage par rapport au cumul des rendements semaine 21. Ensuite, par producteur, on définit l'écart des rendements hebdomadaires d'une saison à la moyenne hebdomadaire des rendements moyens des saisons 2012, 2013 et 2014 **(cf. Annexe I)**. Le prévisionnel saison amélioré est meilleur chez les producteurs pour lesquels les écarts à la moyenne sont bas, c'est-à-dire pour les producteurs dont la dynamique de production est similaire chaque saison. Les producteurs 332 et 375 sont caractéristiques de cette observation, avec respectivement pour le prévisionnel saison amélioré, deux annonces fiables sur trois et trois annonces fiables sur sept. Au contraire, les producteurs 394 et 312 ont des dynamiques de production très différentes chaque année, le nombre de semaine fiables du prévisionnel saison amélioré est bas, soit une annonce fiable sur cinq. La

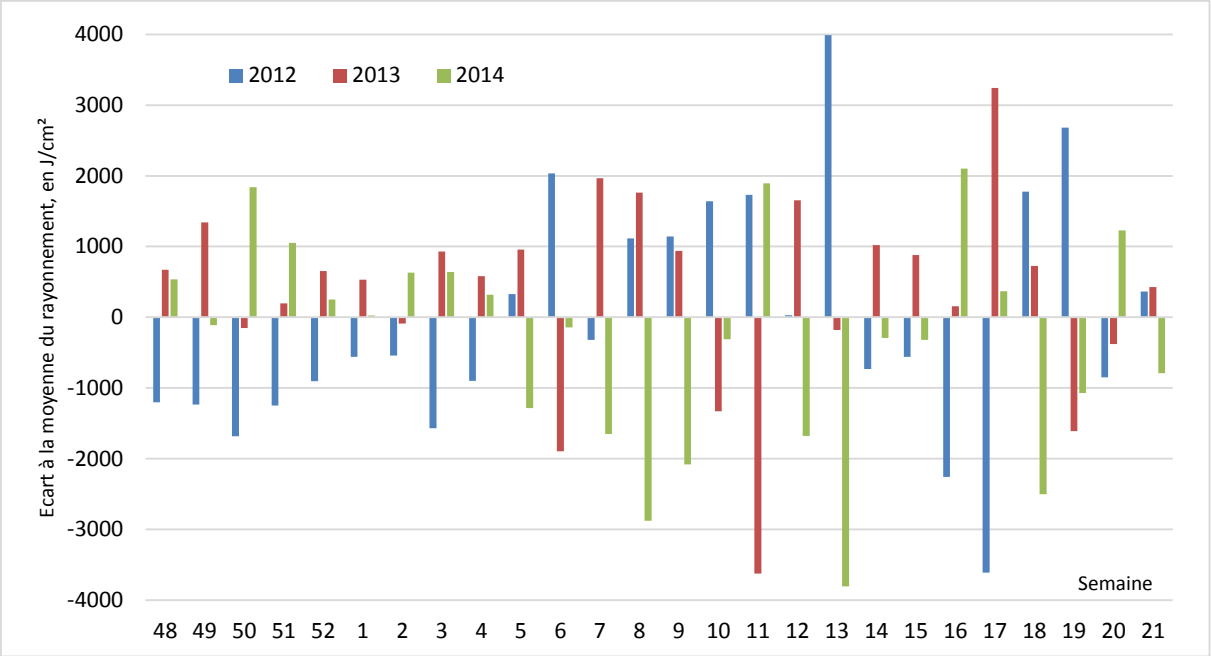


Figure 12 : Histogramme de standardisation du rayonnement cumulé hebdomadaire, en J/cm², des saisons 2012, 2013 et 2014, des semaines 48 à 21, par rapport à la moyenne du rayonnement cumulé hebdomadaire, des saisons 2012, 2013, 2014. Données brutes issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

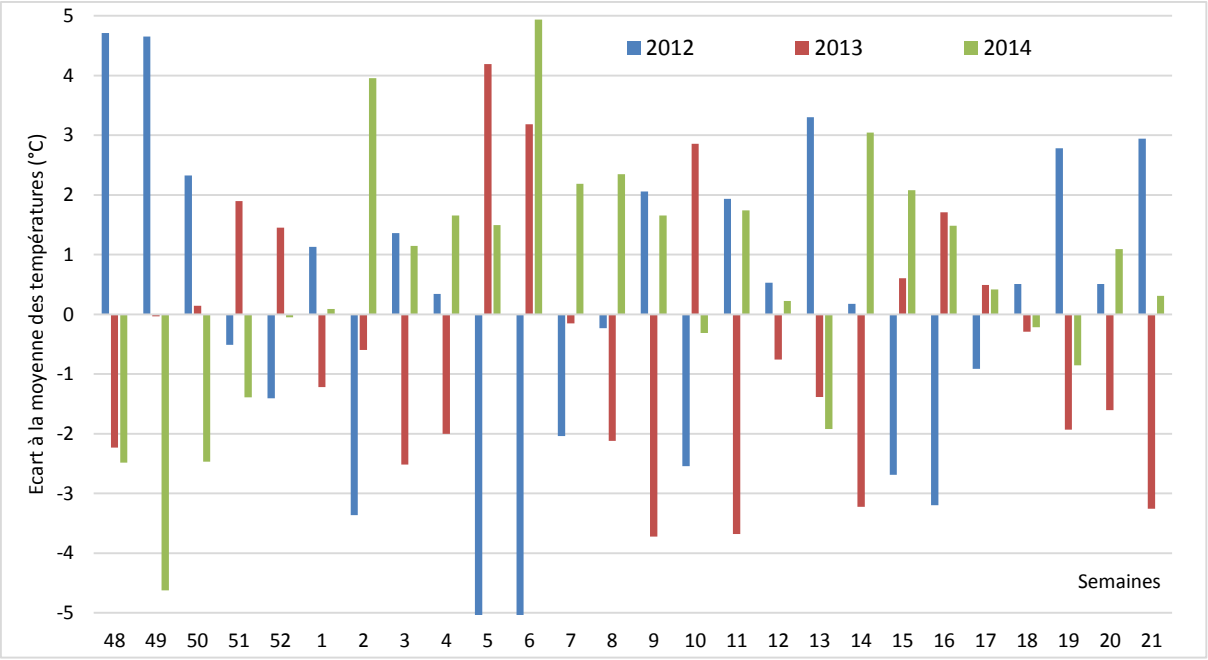


Figure 13 : Histogramme de standardisation de la température moyenne hebdomadaire, en °C, ramenée au jour des saisons 2012, 2013 et 2014, des semaines 48 à 21, par rapport à la moyenne des températures hebdomadaires ramenées au jour des saisons 2012, 2013, 2014. Données brutes issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47).

différence de dynamique de production d'une année à l'autre chez un même producteur est probablement liée à la manière de gérer le climat sous abri, qui correspond à un changement de stratégie de production. Or, actuellement, nous ne possédons pas de base de données concernant le climat sous abri des producteurs.

A ce jour, malgré une augmentation du pourcentage de semaines fiables du prévisionnel saison amélioré par rapport au prévisionnel saison utilisé, la conformité est encore insuffisante. C'est un outil indicatif.

3.3.2.2.Base de données de références météorologiques et climatiques

Les objectifs de la création d'une base de données de références météorologiques (températures et rayonnement) et climatiques (températures, rayonnement, CO_2 et hygrométrie) est, premièrement, de proposer aux producteurs un base de références fiables à laquelle se référer lors des prévisions hebdomadaires de production et deuxièmement, à plus long terme, d'analyser si un profil d'année météorologique correspond à un profil de dynamique de production.

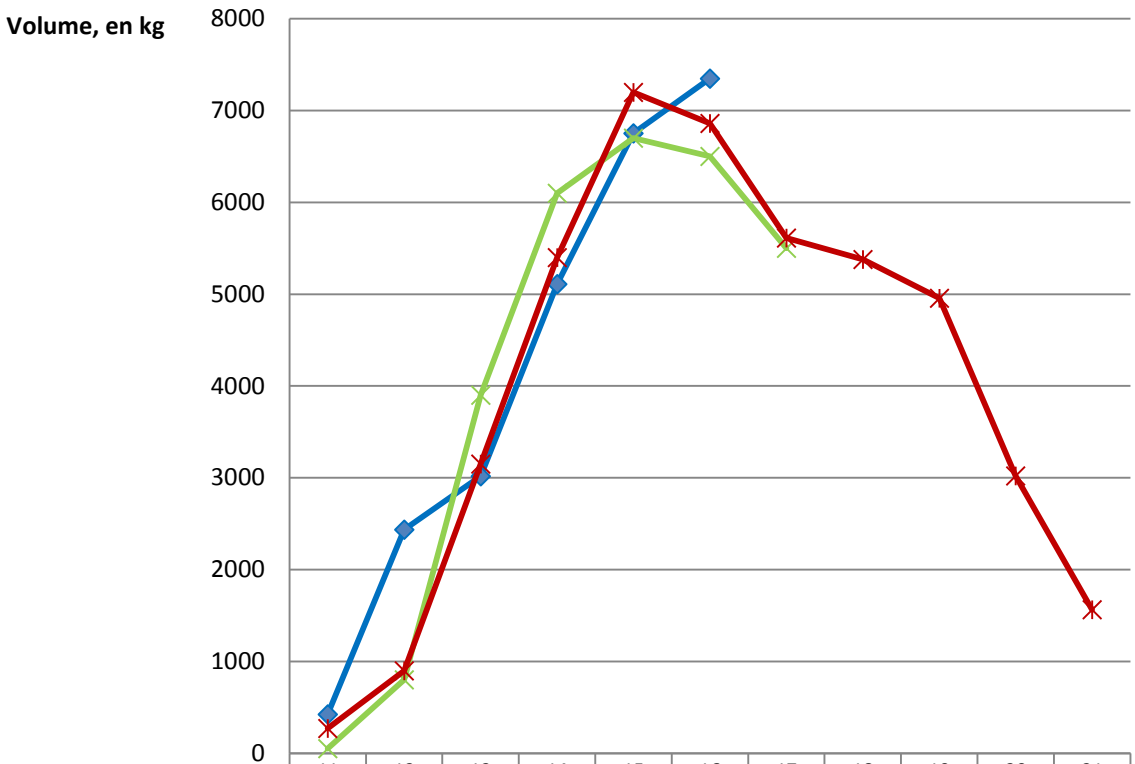
Afin de comparer les saisons météorologiques entre elles, nous proposons de les standardiser, c'est-à-dire de déterminer l'écart d'une saison par rapport à la moyenne de plusieurs saisons. Pour réaliser cette standardisation, nous possédons les données horaires de températures de la station météorologique de Sainte Bazeille (47), point géographique central à l'ensemble des producteurs de fraise de l'OP Valprim, et les données de rayonnement moyen journalier de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47), des semaines 48 à 21, des saisons 2012 à 2014 **(cf. Annexe II)**. Cette période correspond à la date de plantation des cultures précoces jusqu'à la date de fin du premier jet de production. La standardisation est réalisée à partir des températures et rayonnement moyens hebdomadaires **(cf. Annexe III et IV)**. Nous obtenons les graphiques des **Figure 12** et **Figure 13**.
Nous proposons ici, une première base de données à laquelle se référer lors de l'établissement des prévisions hebdomadaires de production. Elle est seulement établie à partir de données sur trois saisons. Ces bases de références de températures et de rayonnement sont à compléter chaque année afin de renforcer la base de données, c'est-à-dire fournir plus de poids à la moyenne, et par conséquent fiabiliser les écarts à la moyenne.

Un travail identique doit être réalisé par producteur concernant les données climatiques, c'est-à-dire sous abri. Cette base de données permettra d'analyser les dynamiques de production en fonction des données climatiques et de déterminer les facteurs influençant la maturité des fruits.

3.3.2.3.Création d'un outil sur Navision

Dans l'objectif de faciliter la communication entre l'OP et les producteurs, d'encourager ces derniers à réaliser les prévisions hebdomadaires de production et de libérer du temps aux conseillers vis-à-vis du prévisionnel hebdomadaire de production, il me semble pertinent de créer un outil visuel de suivi dans le temps, comportant des ajustements journaliers.
Cet outil à créer consiste à ajouter un module intégré à Navision et le rendre accessible aux producteurs via l'extranet. Il comporte, par exploitation et par variété, les données suivantes :

- Les volumes de fraises apportés quotidiennement à la station,



Semaine	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Volumes apportés en station	425	2437	3019	5110	6751	7350					
Previsions hebdomadaires, V1	50	800	3900	6100	6700	6500	5500				
Previsionnel saison ajusté	270	900	3150	5400	7200	6861	5614	5377	4955	3020	1564

Semaine	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Taux de réalisé de la V1, en %	850	305	77	84	101	113					
Conformité de la V1	NC	NC	NC	C	C	C					

Figure 14 : Représentation du graphique à mettre en place sur Navision. Le graphique représente les volumes de fraises apportés en station en temps réel, les prévisions hebdomadaires de production, V1, les prévisions saison de production ajustées à la semaine d'entrée en récolte. Le premier tableau récapitule les données présentes sur le graphique, le second tableau récapitule le taux de réalisé des prévisions hebdomadaires de production et la conformité du prévisionnel hebdomadaire de production (NC : non conforme, C : conforme). Source : M. Moreau.

- les prévisions hebdomadaires de production du producteur,
- la conformité de ses prévisions hebdomadaires de production par rapport aux apports réels,
- les outils d'aide à la prévision hebdomadaire de production :
    - le prévisionnel saison de production, ajustable à la semaine d'entrée en récolte,
    - la base de données de températures et de rayonnement,
    - les références établies au sein de Valprim sur l'état végétatif des plantes aux différents stades de son développement.

Pour favoriser une visualisation rapide des éléments précédents, les données de volumes de fraises apportées à la station, les prévisions hebdomadaires de production du producteur et le prévisionnel saison ajustée à la semaine d'entrée en récolte doivent être présentés sous forme de graphique. Un tableau récapitulatif des données présentes sur le graphique, du taux de réalisé du prévisionnel hebdomadaire et de la conformité des annonces du prévisionnel hebdomadaire doit être associée au graphique, à l'image de la **Figure 14**.

Conclusion partielle :

Différents moyens peuvent être mis en œuvre ou développés pour améliorer la fiabilité des prévisionnels hebdomadaires. Tout d'abord, d'un point de vue communication, il est nécessaire de rappeler, en début de saison, l'importance des prévisionnels hebdomadaires et les outils à disposition pour les réaliser, ensuite, au cours de la saison, d'informer chaque semaine sur les taux de réalisés. Il est également primordial de développer des outils. La fiabilité du prévisionnel saison peut être accrue par le réajustement de la semaine d'entrée en récolte. La création de nouveaux outils guides, références météorologiques et climatiques, permettra un suivi précis des cultures. Enfin, la mise en place d'un outil sur Navision mettant à disposition des producteurs l'ensemble des outils disponibles pour réaliser les prévisionnels hebdomadaires et proposant un retour sur le taux de réalisé de chaque annonce du prévisionnel hebdomadaire de production favorisera l'implication des producteurs et améliorera la fiabilité.

A plus long terme, dans le cas où les explications concernant l'importance du prévisionnel hebdomadaire de production ne semblent pas prise en compte, il pourrait être envisageable de mettre en place, au niveau de l'OP, un système de bonus/malus financier par rapport à la conformité des annonces de prévisions hebdomadaires de production. Ce système ne peut être mis en place que si les outils d'aide à la prévision hebdomadaire de production sont incontestablement fiables.

A ce jour, le manque d'information et de référence concernant les facteurs qui influencent la dynamique de production en culture de fraises sur substrat, ne permet pas de mettre en place un outil véritablement fiable de prévisions hebdomadaires de production. De ce fait, nous nous attachons à déterminer ces paramètres dans la partie suivante.

Tableau 7 : Producteurs, origines des plants et créneaux de production suivis pour l'établissement du taux de maturation des fruits.

Producteurs	***332***	***332***	***351***	***312***	***394***	***375***	***313***	***313***
Origines des trayplants	Chaban	West Plant	Martaillac	Martaillac	Martaillac	Pozzobon	Martaillac	Pozzobon
Créneaux de production	Semi-précoce	Semi-précoce	Semi-précoce	Semi-précoce	Saison	Précoce	Précoce	Précoce

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des stades de maturation du fruit, du code et de la couleur correspondante.

Stade du fruit	***Code du stade***	***Bague***
Fruits noué	0	Non marqué
Fruit blanc avec akènes vert	1	Blanc
Fruit dont la coloration rouge de la surface de l'épiderme externe est inférieure à 50% de la surface totale	2	Orange
Fruit dont la coloration rouge de la surface de l'épiderme externe est supérieure à 50% de la surface totale	3	Rouge

4. Détermination des facteurs qui influencent la dynamique de production de fraises, variété ‘Gariguette’, en culture hors sol

Dans cette partie, on s’attachera à établir une première base de références concernant la dynamique de production en fonction des observations sur le terrain, des données de rendements et des données climatiques et météorologiques des sites étudiés.

4.1. Définition du taux d’avancement de la maturité des fruits au cours de la saison

L’objectif de cette étude est de déterminer un taux d’avancement de la maturation des fruits en fonction du stade des fruits observés, c’est à dire par le suivi du changement de coloration des fraises durant les semaines de récolte. Ainsi, il serait possible de proposer aux producteurs une base de références.

4.1.1. Détermination du taux d’avancement de la maturité des fraises

Matériel et méthode :
Les observations sur le terrain ont été réalisées chez six producteurs de fraises, variété ‘Gariguette’, en cultures hors-sol. Le choix s’est porté sur ces producteurs car ils sont représentatifs des créneaux de productions de l’OP **(cf. Tableau 7)**. Chez chacun d’eux, par origine de plants, deux blocs de douze plantes ont été matérialisés au milieu d’une chapelle et au milieu du rang, afin d’éviter les zones dites à risques sanitaires, proches des ouvertures par exemple. Le marquage des fruits est réalisé grâce à des bagues (pailles d’un centimètre de long, coupées sur la longueur) qui sont attachées à la hampe, au-dessus du pédoncule du fruit **(cf. Tableau 8 et Annexe V)**. Ce marquage prend en compte l’état d’avancement du fruit lors de l’observation précédente **(cf. Annexe VI)**. Les marquages et comptages ont débuté semaine 11. A cette date, deux cultures ont déjà atteint leur pic de production. Le suivi est effectué une fois par semaine, le vendredi, jour du réajustement hebdomadaire des prévisionnels de production, V1. En raison de la distance qui relie chacun des producteurs et du temps nécessaire au marquage de chaque fruit, les observations sont réalisées chez les producteurs 332, 351 et 394, le jeudi et chez les producteurs 312, 375 et 313, le vendredi. Pour des raisons de précision des comptages et observations, à partir de la semaine 14, ils sont effectués deux fois par semaine, le lundi, jour du réajustement des prévisionnels de production V2, et le jeudi ou vendredi comme précédemment expliqué. Chez le producteur 312, les comptages sont effectués trois fois par semaine, le lundi, mercredi et vendredi. A cette date, l’ensemble des cultures suivies ont atteint leur pic de production. Pour cette étude, nous nous situons donc après l’optimum de production, c'est-à-dire lorsque les rendements hebdomadaires diminuent.

Les données climatiques
En culture hors sol, le climat sous abri est régulé par un ordinateur, sur lequel le producteur entre des consignes. Les données climatiques, température ambiante, hygrométrie, CO_2, température du substrat, ont été relevées chez chacun d’eux, lorsqu’elles sont disponibles, à un intervalle de temps de l’ordre de cinq minutes, puis converties, en données moyennes jour, nuit

Tableau 9 : Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 à 2 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Moyenne des jours entre 2 observations	***Taux d'avancement moyen entre 2 observations, en %***	***Ecart-type du taux d'avancement***
2 à 3 jours : 2.6	23	8
4 à 5 jours : 4.1	16	5
6 à 7 jours : 6.8	14	8

Tableau 10 : Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Moyenne des jours entre 2 observations	***Taux d'avancement moyen entre 2 observations, en %***	***Ecart-type du taux d'avancement***
2 à 3 jours : 2.6	43	21
4 à 5 jours : 4.1	60	16
6 à 7 jours : 6.8	79	15

et 24h. Les créneaux horaires du jour et de la nuit sont basés sur les créneaux horaires de la photopériode à Marmande. Les durées du jour et de la nuit sont donc différentes chaque jour.

Les données météorologiques

Les données horaires de températures proviennent de la station météorologique située à Sainte-Bazeille (47), ville concomitante à Marmande et point central, d'un point de vue géographique, à l'ensemble des six producteurs suivis. Les données de rayonnement proviennent de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Traitement des données

Les données ont été traitées sur Excel. A partir des données observées sur le terrain, un taux d'avancement ou de progrès de la maturation de la fraise a été calculé de la manière suivante :

- Calcul du nombre de fruits récoltés entre deux observations :
  - $R_{S=1,j} = N_{r,j\ (b \rightarrow bl,\ j-1)} + N_{bl,\ j-1} - N_{b \rightarrow bl,\ j}$
    où j = jour, bl = fruit blanc, r = fruit rouge, b = bagué, R = nombre de fruits récoltés, S = stade, N = nombre de fruits
  - $R_{S=2,j} = N_{r,j\ (b \rightarrow or,\ j-1)} + N_{or,\ j-1} - N_{b \rightarrow or,\ j}$
    où j = jour, or = fruit orange, r = fruit rouge, b = bagué, R = nombre de fruits récoltés, S = stade, N = nombre de fruits
- Calcul du taux d'avancement :
  - $A_{S=1à3,j} = (R_{S=1,j} / T_{S=1,j-1})*100$
    où A = taux d'avancement, S = stade, j = jour, R = nombre de fruits récoltés, T = nombre total de fruits
  - $A_{S=2à3,j} = (R_{S=2,j} / T_{S=2,j-1})*100$
    où A = taux d'avancement, S = stade, j = jour, R = nombre de fruits récoltés, T = nombre total de fruits
  - $A_{S=1à3+2à3,j} = (R_{S=1+2,j} / T_{S=1+2,j-1})*100$
    où A = taux d'avancement, S = stade, j = jour, R = nombre de fruits récoltés, T = nombre total de fruits

Les taux d'avancement sont ensuite corrélés aux données climatiques et aux données météorologiques entre les dates d'observations J-1 et J.

Résultats

Taux d'avancement du stade 1 à 2, soit du stade blanc avec akènes vert au stade orange **(cf. Tableau 9)** :

Le taux d'avancement du stade 1 à 2 a varié de 2 à 33 % sur un intervalle de 2 à 7 jours. Il a diminué lorsque le nombre de jours entre deux observations a augmenté. On suppose donc que le stade blanc du fruit dure généralement moins de 7 jours. Sur la période d'observation, 3.2 jours sont nécessaire pour obtenir 50% des fruits blanc, devenus orange (écart-type = 1.1).

Taux d'avancement du stade 1 à 3, soit du stade blanc avec akènes vert à rouge **(cf. Tableau 10)** :

Le taux d'avancement du stade 1 à 3 a varié de 3 à 98 % sur un intervalle de 2 à 7 jours. On a observé que 43% des fruits au stade blanc sont à récolter au bout de 2.6 jours et que 60% sont à récolter au bout de 4.1 jours. Sur la période d'observation, 3.5 jours sont nécessaires pour récolter 50% des fruits blancs (écart-type = 0.7).

Tableau 11 : Récapitulation des taux d'avancement du stade 2 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Moyenne des jours entre 2 observations	***taux d'avancement moyen entre 2 observations, en %***	***Ecart-type du taux d'avancement***
2 à 3 jours : 2.6	98	4
4 à 5 jours : 4.1	100	0
6 à 7 jours : 6.8	100	0

Tableau 12 : Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 et 2 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Moyenne des jours entre 2 observations	***Taux d'avancement moyen entre 2 observations, en %***	***Ecart-type du taux d'avancement***
2 à 3 jours : 2.6	55	18
4 à 5 jours : 4.1	70	12
6 à 7 jours : 6.8	86	11

Tableau 13 : Récapitulation des taux d'avancement du stade 1 et 2 à 3 en fonction du nombre de jours entre deux observations et de la semaine de récolte, tous producteurs confondus, variété 'Gariguette'.

Semaine de récolte	***Moyenne des jours entre 2 observations***	***Taux d'avancement moyen entre 2 observations, en %***	***Ecart-type du taux d'avancement***
4	2 à 3 jours : 2.5	55	36
5	2 à 3 jours : 2.6	60	12
5	4 à 5 jours : 4	56	2
6	2 à 3 jours : 2.5	58	14
6	6 à 7 jours : 7	92	5
7	2 à 3 jours : 2.7	51	26
7	4 à 5 jours : 4.2	73	13
7	6 à 7 jours : 6.7	81	15
8	6 à 7 jours : 6.3	81	8

Taux d'avancement du stade 2 à 3, soit du stade orange à rouge **(cf. Tableau 11)** :
Le taux d'avancement du stade 2 à 3 a varié de 85 à 100% sur un intervalle de 2 à 7 jours. On a observé que 98.5 % des fruits au stade 2 sont à récolter au bout de 2.6 jours. C'est une phase très rapide, sur la période d'observation, 1.5 jours sont nécessaires pour récolter 50% des fruits orange (écart-type = 0.5).

Taux d'avancement du stade 1 et 2, fruits blancs avec akènes vert et orange, à 3, fruits rouges, prêts à récolter **(cf. Tableau 12)** :
Le taux d'avancement du stade 1 et 2 à 3 a varié de 16 à 99% sur un intervalle de 2 à 7 jours. On constate que sur la période étudiée, 3 jours sont nécessaires pour récolter 50% des fruits blancs et orange (écart-type = 0.8).

La majorité des taux d'avancement calculés possèdent un écart type important, ainsi les taux d'avancement déterminés ci-dessus sont peu fiables. Cet écart peut avoir différentes origines :

- Le taux d'avancement peut-être lié à la semaine de récolte qui n'est pas prise en compte dans cette analyse,
- Le taux d'avancement dépend probablement des données climatiques et météorologiques,
- Le nombre d'échantillons est faible, 37 échantillons au total.

Détermination du taux d'avancement en fonction de la semaine de récolte et du nombre de jours entre deux observations **(cf. Tableau 13)**. La semaine 1 de récolte correspond à la première semaine d'apport à l'OP, par producteur. Chaque semaine est comptabilisée ainsi, la semaine 4 de récolte, correspond donc à la quatrième semaine d'apport d'un producteur donné.

Selon les observations réalisées cette année, il semblerait que ce ne soit pas la semaine de récolte qui influence le taux d'avancement. De plus, les écart-types des taux d'avancement sont encore trop importants pour déterminer des références.

4.1.2. Corrélation du taux d'avancement aux données climatiques et météorologiques

Etudions alors l'impact du climat sous serre et de la météorologie extérieure sur le taux d'avancement. Nous nous focaliserons sur le taux d'avancement du stade 1 et 2 à 3, car il est le plus pertinent par rapport à l'objectif de l'étude, établir des références pour prédire la production hebdomadaire de fraises.
Les corrélations sont effectuées entre le taux d'avancement et les données météorologiques et climatiques moyennes journalières cumulées entre deux dates consécutives d'observations, tous producteurs suivis confondus. Les résultats sont les suivants, classés par ordre décroissant de corrélation. Corrélation du taux d'avancement du stade 1 et 2 à 3 à :

- Le GDH cumulé, sous abri : $r^2 = 0.6656$
- La température moyenne jour cumulée, sous abri : $r^2 = 0.6468$
- La température moyenne jour cumulée, extérieure : $r^2 = 0.6336$
- La température moyenne 24h cumulée, sous abri : $r^2 = 0.6262$
- La différence entre les températures moyenne jour et nuit, sous abri : $r^2 = 0.6202$

Tableau 14 : Tableau récapitulatif du taux d'avancement moyen des stades 1 et 2 à 3, associé au nombre de jours entre deux observations, à la somme des GDH entre deux observations et à la température moyenne journalière déduite du GDH, variété 'Gariguette'.

Moyenne des jours entre observations	***Taux d'avancement compris entre***	***Taux d'avancement moyen, en %***	***Ecart-type du taux d'avancement***	***GDH moyen***	***T° moyenne journalière déduite du GDH***
2	<35	23	10	542	14
2.6	35-45	41	3	604	11
2.6	45-55	52	26	768	14
3	55-65	62	4	846	13
2.6	65-75	71	4	853	15
3	>80	80	0	994	15
4	35-45	54		1075	12
4	45-55	57	1	1164	13
4.5	65-75	71	1	1387	14
4	>80	83	2	1296	15
6	55-65	63		1484	11
6	65-75	74		1462	11
6.6	75-85	81	1	1462	10
7	>85	93	4	1958	12

- Le GDH cumulé, extérieur : $r^2 = 0.6160$
- La température moyenne nuit cumulée, sous abri : $r^2 = 0.5870$
- Le rayonnement journalier extérieur cumulé, $r^2 = 0.5645$
- La température moyenne nuit cumulée, extérieure : $r^2 = 0.5212$
- La température moyenne 24h cumulée, extérieure : $r^2 = 0.5212$
- La différence entre les températures moyenne jour et nuit, extérieure : $r^2 = 0.4021$

On constate que chacune des données météorologiques et climatiques prise indépendamment est peu corrélée au taux d'avancement. La meilleure corrélation est obtenue avec le GDH cumulé sous abri, $r^2 = 0.6656$. La fonction associée est :

Taux d'avancement = 0.033*somme des GDH entre 2 observations + 28.855

Attention, les données du **Tableau 14** sont à prendre avec précaution et à ce jour, ne peuvent pas être utilisées comme références, car les écart-types sont importants et il existe peu de répétitions pour chaque taux d'avancement définit ci-dessus. Il est donc difficile, à ce stade, de proposer des références de GDH fiables. Il est nécessaire de répéter l'opération pour fiabiliser les données acquises cette année.

Il ressort également de cette étude que la température jour et 24 heures extérieures ont un certain impact sur la maturation des fraises. En effet, en culture précoce de fraises sur substrat, une relance du chauffage est effectuée le matin afin de favoriser la maturation des fruits. Cette reprise du chauffage est plus aisée lorsque le temps est couvert avec des températures extérieures douces. La différence de températures entre le jour et la nuit influence également légèrement la dynamique de production des fraises. Cette analyse est appuyée par Montero et al. (1996) [16] qui indiquent que la différence de températures jour/nuit favoriserait le calibre du fruit et retarderait la phase de coloration du fruit.

De cette étude résulte que le taux d'avancement de la maturation des fraises en cultures hors sol dépendrait de différents facteurs imbriqués entre eux.

4.1.3. Corrélation du nombre de fruits comptés au rendement hebdomadaire réel

L'objectif est de déterminer le rendement à partir des fruits comptés, de leur stade de maturité et du poids moyen dans l'objectif d'utiliser le taux d'avancement calculé précédemment.

Matériel et méthode :
La détermination du rendement à partir des fruits comptés sur le terrain est la suivante :
$R = (P * D * F) / 1000$
où R = rendement en kg/m², P = poids moyen en g, D = densité en nombre de plantes/m², F = nombre de fruits récoltés par plante

Le poids moyen des fruits des producteurs suivis saison 2014 est mesuré en station de conditionnement. Nous avons également cherché à savoir si le poids moyen des fruits de la saison précédente, 2013, attribué au comptage de cette année en fonction de la semaine d'entrée en récolte et de la semaine de récolte, est utilisable pour déterminer le rendement de la semaine suivante.

Tableau 15 : Récapitulatif du taux de réalisé, en %, par échantillon en fonction des poids moyens de la saison 2014 et de la saison 2013. Les chiffres en verts indiquent les échantillons conformes. Les cases vident correspondent à une absence de données de poids moyen par rapport à la semaine d'entrée en récolte et à la semaine de récolte.

Echantillons	***Taux de conformité du rendement calculé à partir des poids moyens de la saison 2014***	***Taux de conformité du rendement calculé à partir des poids moyens de la saison 2013***
1	193	46
2	54	199
3	102	105
4	37	207
5	66	211
6	80	96
7	67	188
8	20	297
9	10	590
10	84	
11	51	
12	140	61
13	77	158
14	121	71
15	89	88
16	49	161
17	121	100
18	49	160
19	187	49
20	100	
21	112	89
22	49	
23	287	27
24	30	262
25	5	
% d'échantillons fiables	25	25

On définit ensuite le taux de conformité entre le rendement calculé et le rendement réel de la manière suivante : taux de conformité = (rendement réel / rendement calculé) *100

Résultats :
Le taux de conformité entre le rendement hebdomadaire réel et le rendement calculé à partir des poids moyens de la saison 2014, 25% des échantillons conformes, et de la saison 2013, 25% des échantillons conformes, n'est pas suffisant pour valider la méthode de détermination du rendement en fonction du nombre de fruits comptés, de leur stade et du poids moyen estimé **(cf. Tableau 15)**.

Le nombre d'échantillons fiables du premier résultat, calcul du rendement à partir des poids moyens de la saison 2014, est faible, 25%. Les poids moyens des fruits sont mesurés en station de conditionnement, c'est-à-dire après un tri préalable des fruits en fonction de la segmentation pour la vente. Le poids moyen a été réalisé en admettant que le pourcentage de fruits par segment était identique, ce qui a pu introduire un biais.
Le nombre d'échantillons fiables du second résultat, calcul du rendement à partir des poids moyens de la saison 2013, est également faible, 25%. On peut expliquer ce résultat par la différence de calibre des fruits en fonction de la saison climatique. Avigdori-Avidov (1986) [22] met en avant l'impact de l'intensité lumineuse sur le calibre du fruit. Or, la caractérisation des années climatiques montre que l'année 2014 a été chaude, avec un rayonnement faible alors que l'année 2013 a été plus froide avec un rayonnement plus important **(cf. Annexe VII)**. Malgré la prise en compte de la date d'entrée en récolte et de la semaine de récolte du fruit, les calibres de la saison 2013 sont différents de ceux de la saison 2014. Nous ne pouvons donc pas conclure cette année sur la validité de cette méthode.
D'autre part, une étude menée en Floride par Mackenzie et Chandler (2009) [23] formule l'hypothèse que le calibre des fruits ne serait pas seulement lié aux données climatiques durant la période de production mais également à la durée de l'initiation florale.

Conclusion partielle :

Cette saison, le taux d'avancement a été calculé uniquement sur la troisième partie de la vague de production, c'est-à-dire lors de la diminution des rendements. Sur cette période, la durée du stade 1 à 2 serait deux fois plus longue que la durée du stade 2 à 3.
Les facteurs qui influenceraient le taux d'avancement sont les GDH et les températures de jour et 24h. Les faibles corrélations entre ces paramètres de conduite de chauffage et le taux d'avancement calculé, nous poussent à penser que ces facteurs interagissent ou ne sont pas seuls à influer sur le taux d'avancement, conduite de l'hygrométrie, du CO_2, équilibre végétatif et état racinaire pourraient également influencer le taux de progrès de la maturation des fruits.
La détermination des prévisions hebdomadaires de production en fonction du nombre de fruits, de leur stade et d'une estimation de poids moyen ne semble pas exploitable en raison des nombreux facteurs qui agissent sur le calibre du fruit.

Tableau 16 : Récapitulation des semaines de mise en place de la culture sous abri, de leur semaine d'entrée en récolte, du cumul de GDH sous abri, en °C, des semaines 49 à 8 et des semaines 49 à 10, en culture de 'Gariguette'.

	Semaine de plantation	***Semaine d'entrée en récolte***	***cumul des GDH sous abri de la semaine 49 à 8***	***cumul des GDH sous abri de la semaine 49 à 10***
313	49	9	15732	19233
375	49	9	15693	18811
332	49	11	12149	15235
312	49	11	13704	16303

Tableau 17 : Résultats, r^2, des corrélations linéaires réalisées entre la dynamique de production, en %, et les données climatiques et météorologiques cumulées par semaine, tous producteurs confondus. Les données climatiques proviennent des stations climatiques de chaque producteur, les données météorologiques sont issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47), les données de rayonnement sont issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Données cumulées par semaine						
Sous abri			Extérieur			
Température moyenne 24h	Température moyenne jour	Température moyenne nuit	Température moyenne 24h	Température moyenne jour	Température moyenne nuit	Rayonnement
0.0727	0.0447	0.0804	0.0707	0.1002	0.0467	0.0006

Tableau 18 : Résultats, r^2, des corrélations linéaires réalisées entre la dynamique de production, en %, et les données climatiques et météorologiques cumulées depuis la floraison, tous producteurs confondus. Les données climatiques proviennent des stations climatiques de chaque producteur, les données météorologiques sont issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47), les données de rayonnement sont issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Données cumulées depuis la floraison						
Sous abri			Extérieur			
Température moyenne 24h	Température moyenne jour	Température moyenne nuit	Température moyenne 24h	Température moyenne jour	Température moyenne nuit	Rayonnement
0.0239	0.0041	0.0827	0.0153	0.0128	0.016	0.0363

4.2. Etude des données climatiques et météorologiques sur la dynamique de production

4.2.1. Analyse des données chez six producteurs, saison 2014

Van Laarhoven (2008) [14] détermine un cumul de GDH nécessaire à l'observation des bourgeons floraux et au développement des hampes. Il induit donc que le développement de la plante est régi par le cumul de données climatiques et météorologiques. Dans la continuité de son raisonnement, nous avons cherché à déterminer ces facteurs qui influencent la dynamique de production de la fraise.

Des températures élevées permettraient d'obtenir des hampes et une entrée en récolte de manière précoce [14]. L'analyse est effectuée chez quatre producteurs suivis pour lesquels nous possédons les données de températures depuis la mise en place des cultures sous abri. On constate **(cf. Tableau 16)** que lorsque les cultures entrent en récolte, elles ont supportées au minimum un cumul de 15000 GDH depuis leurs mises en place sous abri.

Matériels et méthodes :

Nous disposons des données suivantes chez les six producteurs suivis :

- rendements hebdomadaires du vendredi, en kg/m², issue du progiciel Navision,
- températures sous abri, issues des stations climatiques de chaque producteur, relevées à un intervalle de temps de l'ordre de cinq minutes.
- températures horaires extérieures, issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47).
- date d'introduction des ruches par producteur pour estimer la date de floraison des cultures.

Les rendements sont exprimés en pourcentage par rapport aux rendements cumulés semaine 21 afin de pouvoir comparer entre producteurs la dynamique de production. La date de floraison est estimée à partir de la date d'introduction de la première ruche. Les données climatiques et météorologiques sont cumulées depuis la date de floraison estimée et cumulées par semaine, du vendredi au vendredi. Pour analyser le lien entre les données climatiques, météorologiques et la dynamique de production, des régressions linéaires sont réalisées.

Résultats :

Pour les régressions linéaires réalisées à partir des données cumulées par semaine de récolte, nous obtenons les résultats figurants dans le **Tableau 17**.

Pour les régressions linéaires réalisées à partir des données cumulées depuis la floraison estimée, nous obtenons les résultats figurants dans le **Tableau 18**.

Les corrélations entre la dynamique de production et les données climatiques et météorologiques cumulées par semaine et depuis la floraison estimée sont excessivement basses. Il n'est pas possible de déduire de cette étude, les facteurs impactant la maturation de la fraise.

La bibliographie réalisée précédemment indique que le rayonnement et la température influencent la dynamique de maturation des fruits. Nous proposons donc de nous focaliser sur la dynamique de production de la variété ‘Gariguette’ chez un producteur sur plusieurs saisons de production.

4.2.2. Analyse des données chez un producteur, saisons 2012, 2013, 2014

Afin de limiter les biais liés aux différences de conduites de cultures qui ont pu impacter la définition du taux d’avancement et les biais liés à la détermination de la date de floraison, nous nous focalisons maintenant chez un unique producteur, 375. Le choix s’est porté sur ce producteur car nous possédons les données climatiques sous ses abris depuis 2012.
L’objectif est de définir l’impact des données climatiques et météorologiques sur la dynamique de production.

Matériel et méthode :
Cette étude est réalisée chez le producteur 375 en culture hors-sol de ‘Gariguette’, sous abri à double parois gonflables. Les trayplants proviennent chaque année de la même pépinière. Nous possédons pour les saisons 2012, 2013 et 2014, les données moyennes horaires sous abri de température ambiante, température du substrat et hygrométrie, issues de la station climatique du producteur, les données de rayonnement extérieur, issues de la station météorologique du producteur, les rendements hebdomadaires, issues du progiciel Navision et les données météorologiques de la station de Sainte Bazeille (47).

Les rendements hebdomadaires sont convertis en pourcentage par rapport aux rendements cumulés de l’entrée en production à la semaine 21, premier jet de production. Cette transformation permet de comparer la dynamique de production malgré des rendements totaux en fin de premier jet différents, 4.9 kg/m² en 2012, 3.6 kg/m² en 2013 et 2014.

L’étude portera sur la comparaison des dynamiques de production des saisons 2012, 2013, 2014, puis sur la comparaison des données climatiques et météorologiques. Ces comparaisons ont pour objectif de faire ressortir le ou les facteur(s) influençant la dynamique de production.

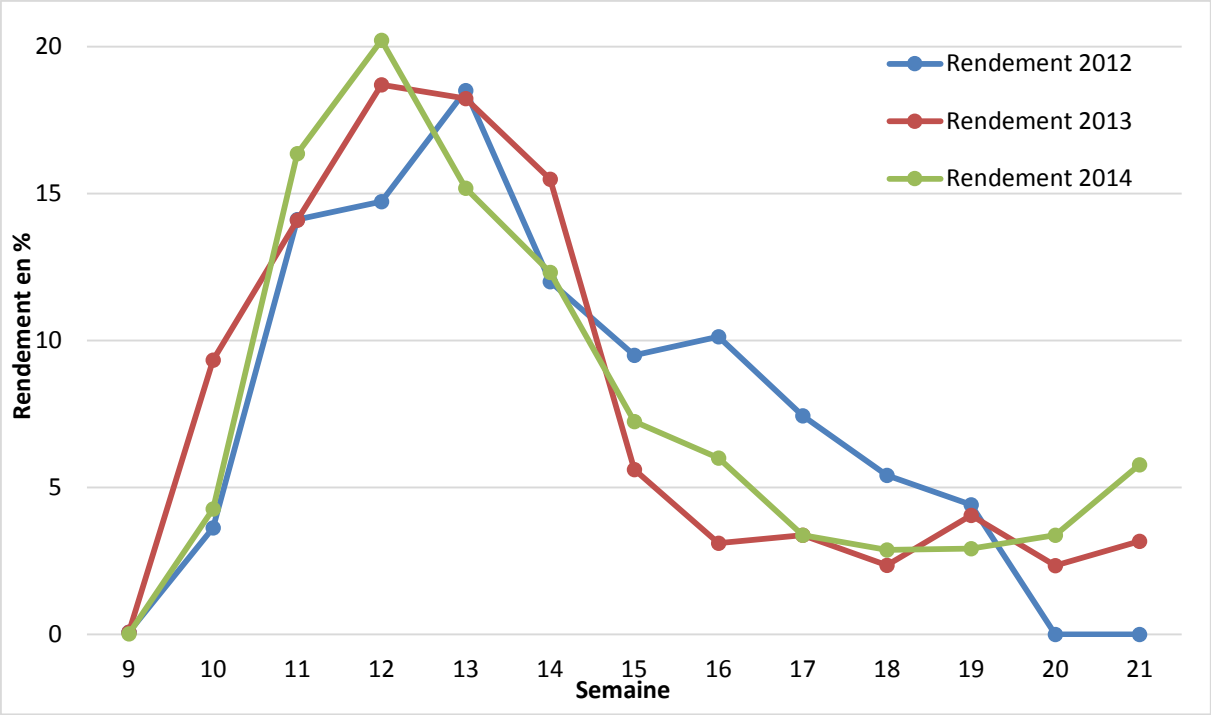


Figure 15 : Courbe de rendements hebdomadaires des saisons 2012, 2013, 2014, en pourcentage par rapport aux rendements hebdomadaires cumulés à la semaine 21, de la variété 'Gariguette', cultivée chez le producteur 375, dans le compartiment 2.

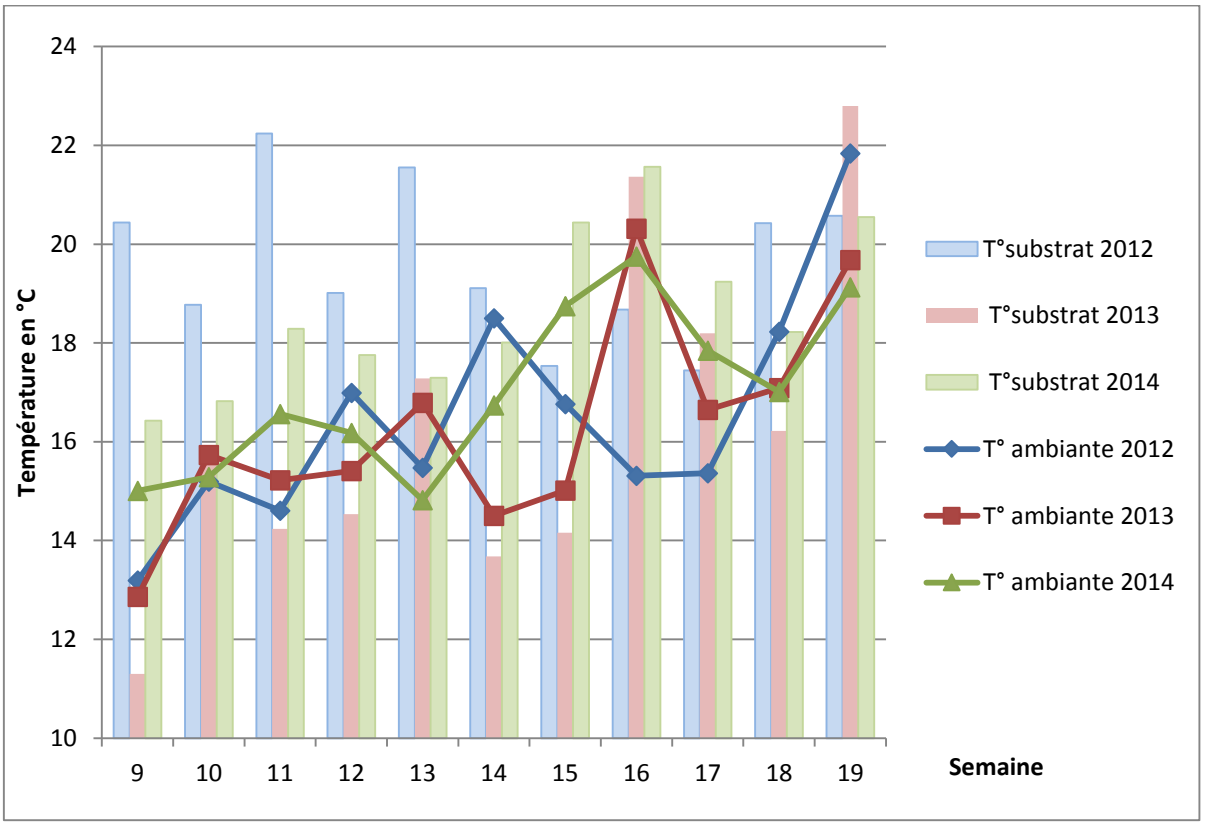


Figure 16 : Graphique représentant sous forme d'histogrammes, les températures moyennes hebdomadaires du substrat ramenées au jour et sous forme de courbes, les températures moyennes ambiantes sous abri, dans le compartiment 2, chez le producteur 375. Données issues de la station météorologique du producteur.

Résultats :

Comparaison des dynamiques de production des saisons 2012, 2013 et 2014 **(cf. Figure 15)** :

Les courbes de rendements des 3 saisons n'ont pas la même dynamique **(cf. Annexe VIII)**.
En 2012, la cinétique d'entrée en récolte est similaire à celle de la saison 2014. Elles débutent doucement jusqu'en semaine 10 pour augmenter brusquement, respectivement, de 10% et 12% en semaine 11. Puis le rendement de la saison 2012 se stabilise aux alentours de 14% et atteint un pic semaine 13, avec 19% du volume final. Ensuite le rendement diminue pour stagner à nouveau aux alentours de 10 % du rendement final durant les semaines 15 et 16. Puis, jusqu'à la semaine 21, les rendements diminuent progressivement. Au contraire, les rendements de la saison 2014, continue à augmenter pour atteindre un pic de récolte semaine 12, avec 20% du volume final. Puis le rendement diminue progressivement jusqu'à la semaine 17 pour stagner autour de 3%, le deuxième jet de production est en préparation. La courbe de production de la saison 2013 augmente plus rapidement que celle des deux autres saisons jusqu'à la semaine 11, et continue à augmenter pour atteindre un optimum de rendement semaine 12, avec 19% du volume final. Les rendements chutent ensuite rapidement jusqu'à la semaine 16 pour se stabiliser aux alentours de 3,1% du volume final.

Comparaison des données climatiques et météorologiques des saisons 2012, 2013, 2014

- Hygrométrie :

Durant la saison 2013, un problème d'étalonnage des sondes est apparu chez ce producteur. Nous prenons en considération seulement les données des saisons 2012 et 2014 **(cf. Annexe IX)**. L'hygrométrie moyenne hebdomadaire durant ces deux saisons est comprise entre 77 et 89%. L'écart de l'hygrométrie moyenne hebdomadaire entre les saisons 2012 et 2014 varie entre 0 et 6%. L'hygrométrie peut donc être considérée comme similaire durant ses deux saisons sur la période de récolte allant de la semaine 9 à 19.

- Température du substrat et température ambiante sous serre **(cf. Figure 16) :**

Durant les saisons 2012 et 2014, de la semaine 9 à 19, la température moyenne hebdomadaire du substrat est supérieure à la température moyenne hebdomadaire ambiante sous abri, respectivement de 1 à 8°C et de 1 à 2°C. Au contraire en 2013, la température moyenne hebdomadaire du substrat est inférieure à la température moyenne hebdomadaire ambiante, -1 à -3°C **(cf. Annexe X)**.
Une température de substrat supérieure à la température ambiante peut traduire une humidité du substrat basse. A ce jour, il n'existe pas d'appareil fiable pour mesurer l'hygrométrie du substrat en culture de fraises. Le substrat composé d'écorce et de tourbe évolue dans le temps à la différence des substrats en laine de roche. D'après M. Barrabé-Manceau (2009) [24], une température du substrat supérieure à la température ambiante favorise la pression racinaire et permet donc l'absorption d'eau et de calcium par la plante. Le calcium est un élément qui entre dans la constitution des parois cellulaires, il impacte la fermeté du fruit et sa tenue après récolte [25], mais n'a pas de rôle dans la détermination du calibre des fruits. Cette différence observée entre la saison 2013 et les saisons 2012 et 2014 ne semble donc pas impacter la dynamique de production.

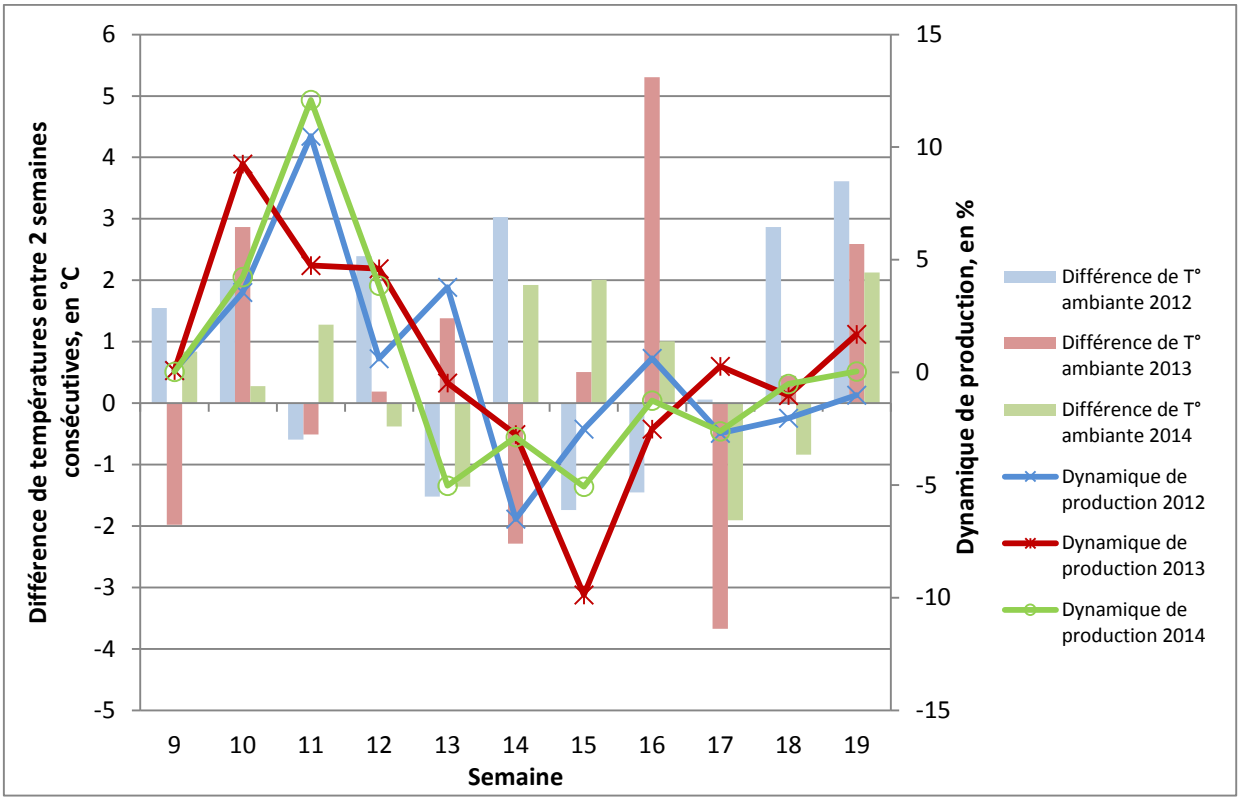


Figure 17 : Représentation sous forme d'histogrammes, de la différence de température moyenne 24h ambiante sous abri, en °C, entre deux semaines consécutives et représentation sous forme de courbes de la dynamique de production, en %, saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données de températures issues de la station climatique du producteur, données de rendements issues du progiciel Navision.

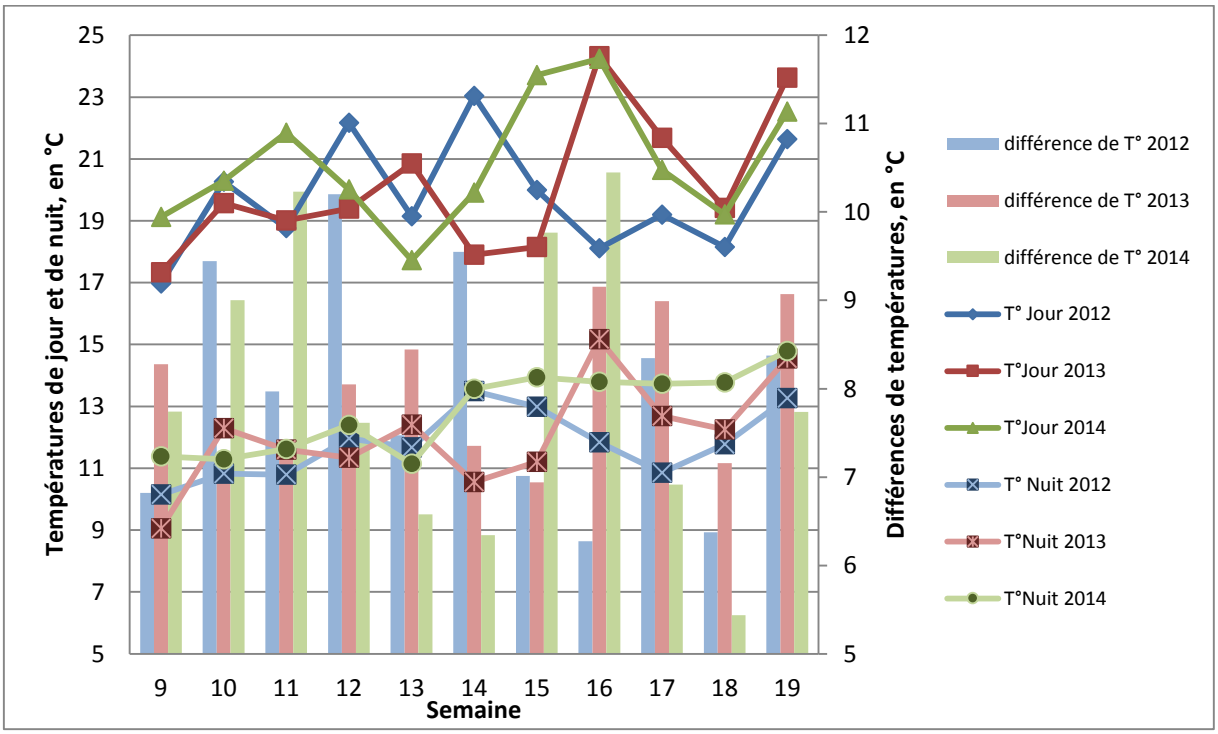


Figure 18 : Représentation sous forme de courbes, des températures moyennes hebdomadaires jour et nuit sous abri, ramenées au jour, en °C, et sous forme d'histogrammes, la différence de température entre le jour et la nuit sous abri, pour les saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données issues de la station climatique du producteur.

On constate sur la **Figure 17** que, chez le producteur 375, de la semaine 9 à 19, hormis durant les semaines 15 et 18, saison 2014, les variations de la dynamique de production suivent les variations de la différence de températures moyennes ambiantes 24h entre deux semaines consécutives. Durant les semaines 10, 11, 14, 16 et 19 de la saison 2013 et durant les semaines 10, 18 et 19, de la saison 2012, la dynamique de production suit également les variations de la différence de températures entre deux semaines consécutives. Or durant les semaines 13, 15, 17 et 18, saison 2013 et durant les semaines 11, 12, 13, 14, 15 et 16, saison 2012, les variations de la dynamique de production sont contraires aux variations de la différence de températures entre deux semaines consécutives. Il ne semble donc pas que la dynamique de production est un lien direct avec les variations de la différence de température moyenne ambiante 24h, sous abri, entre deux semaines consécutives.

- Température jour et température nuit :

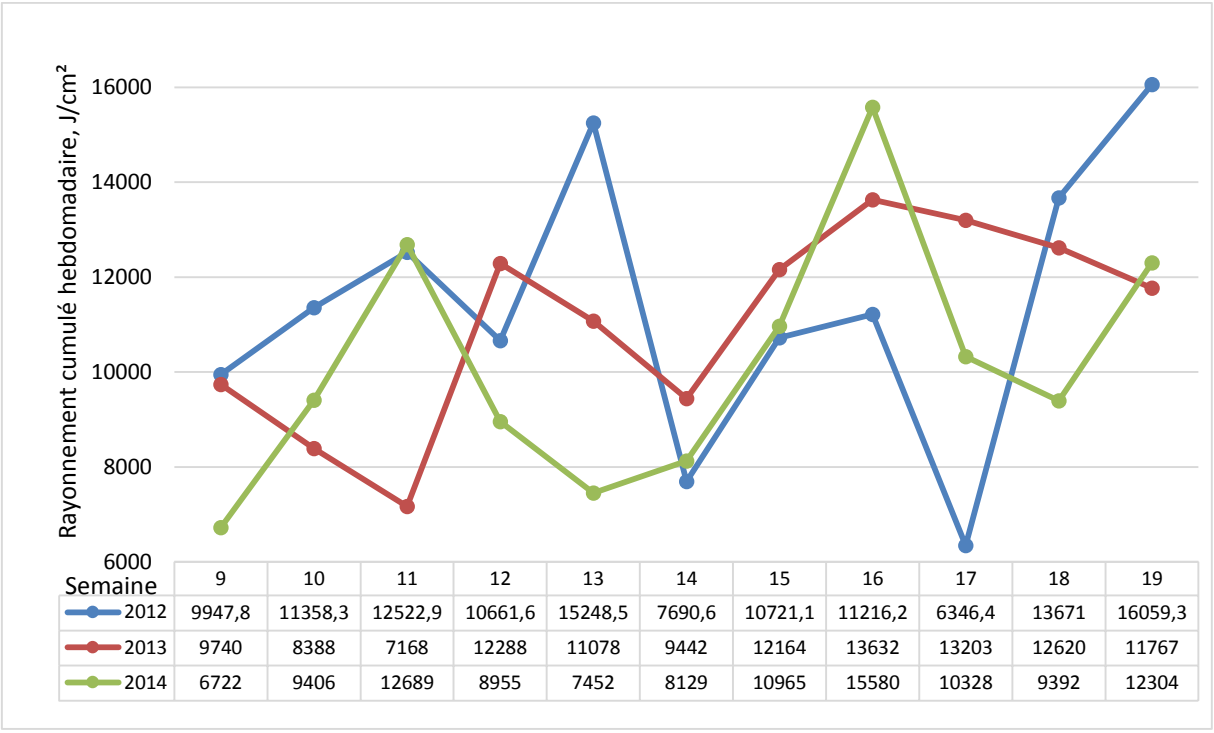
Les écarts moyens hebdomadaires des températures jour sont compris entre 0 et 3°C, les écarts moyens hebdomadaires des températures nuit sont compris entre 0 et 1°C. Les températures de nuit suivent les mêmes tendances que celles de jours. Les différences de températures entre le jour et la nuit sont essentiellement plus importantes durant les saisons 2012 et 2014, la moyenne de la différence de température entre le jour et la nuit, sur la période analysée est de 8°C **(cf. Figure 18)**.

Pour favoriser le grossissement des fruits, la température optimale de jour à atteindre est 23°C, avec un minimum situé à 16°C. La température de nuit n'est pas fixée. C'est la différence de température entre le jour et la nuit qui favorise le grossissement des fruits, le calibre et par conséquent le rendement [26]. Bien que les saisons 2012 et 2014 possèdent les différences de températures entre le jour et la nuit les plus élevées et que la saison 2013 détient les différences les plus basses, la disparité de calibre supposée n'est pas visible sur le rendement cumulé à la semaine 21. Les saisons 2013 et 2014 atteignent 3.6 kg/m² et la saison 2012, a produit sur cette même période, 4.9 kg/m². La différence de température entre le jour et la nuit ne semble pas être le facteur principal régissant la dynamique de production.

La comparaison des différences de températures, ambiante, jour, nuit, entre deux semaines consécutives et la dynamique de production ne montre pas d'influence de la température sur la dynamique de production **(cf. Annexe XI)**.

- Rayonnement extérieur :

Pour cette analyse, nous nous focalisons sur la période avant blanchiment des saisons 2012, 2013 et 2014. En effet, nous utilisons le rayonnement extérieur sans prendre en compte l'influence du plastique de l'abri. Ce choix est lié au manque de visibilité sur les caractéristiques des plastiques horticoles et à l'absence de mesures du rayonnement sous abri. Chez ce producteur, le plastique n'a pas été modifié durant les 3 années d'études. Il faut alors prendre en compte dans l'analyse des résultats que pour un rayonnement extérieur identique, le rayonnement perçu par les plantes est diminué chaque année. Analyser les données jusqu'au blanchiment, permet d'éviter l'introduction d'un nouveau biais liée à la qualité du blanchiment.



Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2012	9947,8	11358,3	12522,9	10661,6	15248,5	7690,6	10721,1	11216,2	6346,4	13671	16059,3
2013	9740	8388	7168	12288	11078	9442	12164	13632	13203	12620	11767
2014	6722	9406	12689	8955	7452	8129	10965	15580	10328	9392	12304

Figure 19 : Rayonnement extérieur cumulé par semaine, de la semaine 9 à 19, des saisons 2012, 2013 et 2014, en J/cm². Données issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

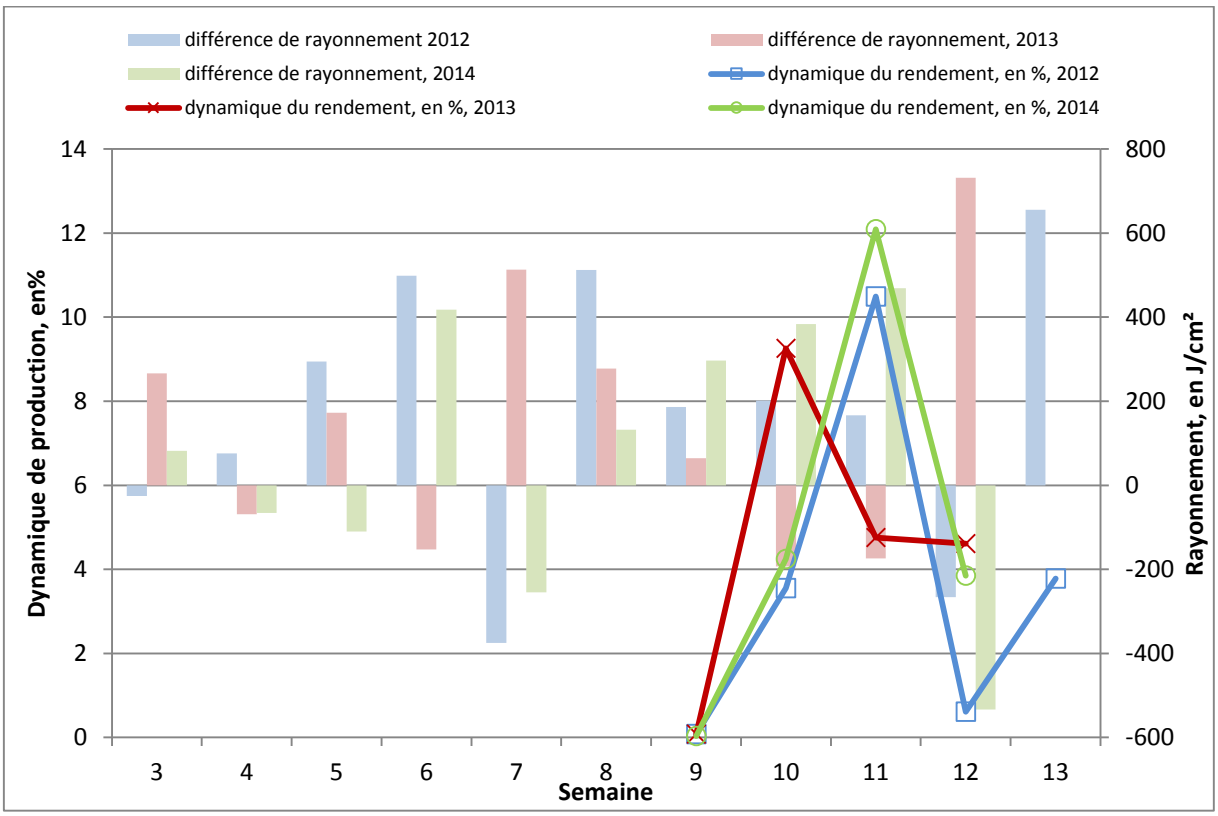


Figure 20 : Représentation sous forme d'histogrammes, de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives sur la période allant de la floraison au pic de récolte et sous forme de courbes, de la dynamique de production en % des saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47) et données de rendement issues du progiciel Navision.

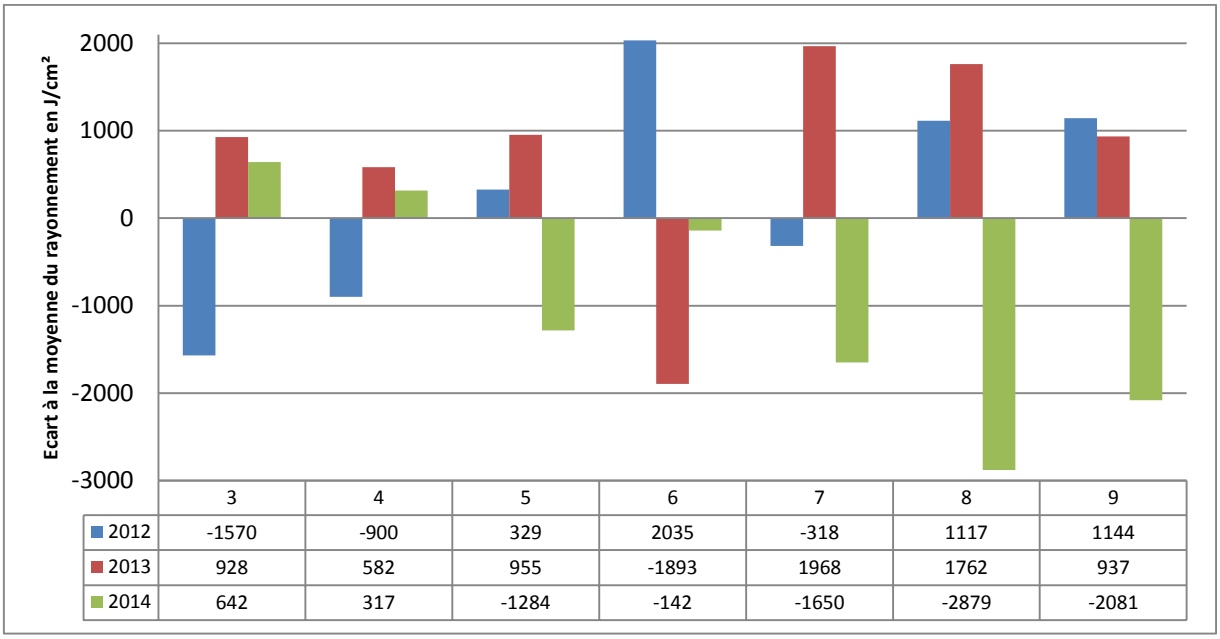
Sur la période allant de la semaine 9 à 19, l'écart moyen hebdomadaire des rayonnements est compris entre 84 et 380 J/cm² **(cf. Figure 19)**.
Si on corrèle ces observations à la dynamique de production, on constate que suite à un rayonnement important durant la semaine 11 des saisons 2012 et 2014, la vitesse de production augmente fortement, respectivement plus 10% et 12%. En semaine 13, le rayonnement de la saison 2014 est très inférieur à celui de la saison 2012, parallèlement, le rendement de la saison 2014 diminue de 5%, alors que celui de la saison 2014, augmente de 4%. Ces observations sont appuyées par le travail de Miyawaki et al. (2012) [19] qui montre l'impact de l'intensité du rayonnement sur la vitesse de maturation des fruits.

Détaillons les rendements et le rayonnement par saison **(cf. Figure 20 et Annexe XII)**.
Nous nous focalisons sur la pente d'entrée en récolte pour deux raisons principales. Il s'agit, d'une part, de la période la plus importante en termes de fiabilité du prévisionnel hebdomadaire de production. D'autre part, le blanchiment de l'abri a eu lieu suite au pic de production.

La dynamique de production correspond à la vitesse d'augmentation du rendement d'une semaine sur l'autre, exprimée en pourcentage.

Pour la saison 2014, de la semaine 10 à 11, le rayonnement augmente parallèlement à la vitesse d'augmentation du rendement. En semaine 12, le rayonnement chute brutalement, la dynamique de production suit la tendance et diminue fortement. La saison 2014 confirme les observations de Miyawaki et al. (2012) [19].
Pour la saison 2013, de la semaine 9 à 10, le rayonnement diminue or la vitesse de production augmente. En semaine 11, le rayonnement augmente légèrement, alors que la dynamique de production diminue. En semaine 12, le rayonnement augmente alors que la vitesse de production reste stable. L'analyse de la saison 2013 est à l'encontre des conclusions de Miyawaki et al. (2012) [19].
Pour la saison 2012, de la semaine 9 à 11 et en semaine 13, le rayonnement augmente chaque semaine, simultanément à l'augmentation de la vitesse de rendement. En semaine 12, le rayonnement diminue, la vitesse de production suit la tendance. La saison 2012 est en accord avec l'expérimentation de Miyawaki et al. (2012) [19].

La dynamique de production et la différence de rayonnement entre 2 semaines consécutives ne sont pas proportionnelles. On suppose alors que le fruit nécessite un cumul de rayonnement pour atteindre sa maturité. Comparons les rayonnements des saisons 2012, 2013 et 2014 par leur standardisation et analysons le cumul de rayonnement de la floraison à la semaine d'entrée en récolte pour les saisons 2012, 2013, 2014.
Pour cela, on estime la date de floraison grâce à des connaissances empiriques. Les trayplants fleurissent 40 jours avant le début de récolte en condition précoce, soit en semaine 3 et 4 pour une entrée en récolte semaine 9.
La standardisation du rayonnement permet de comparer les rayonnements sur plusieurs saisons par rapport à la moyenne de ces saisons.



	3	4	5	6	7	8	9
2012	-1570	-900	329	2035	-318	1117	1144
2013	928	582	955	-1893	1968	1762	937
2014	642	317	-1284	-142	-1650	-2879	-2081

Figure 21 : Standardisation du rayonnement cumulé hebdomadaire, en J/cm², des saisons 2012, 2013 et 2014 par rapport à la moyenne des trois saisons, sur la période de la floraison, semaine 3 à l'entrée en récolte, semaine 9. Données issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Tableau 19 : Cumul du rayonnement, en J/cm², de la date de floraison estimée, semaine 3, à l'entrée en récolte, semaine 9, des saisons 2012, 2013, 2014. Données issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Saison 2012	Saison 2013	Saison 2014
27387	31960	23611

Sur la période de la floraison estimée à l'entrée en récolte, la saison 2013 est celle qui possède l'intensité lumineuse la plus importante **(cf. Figure 21)**. Le rayonnement cumulé sur la période étudiée atteint 31960 J/cm² **(cf. Tableau 19)**. Au contraire, sur les trois saisons, sur la période d'étude, le rayonnement le plus faible est observé durant la saison 2014. Le cumul de rayonnement s'élève à seulement 23611 J/cm².

En 2013, les fruits ont atteint un cumul de rayonnement important sur la période de la floraison à la semaine d'entrée en récolte. On peut supposer que pour arriver à maturité, un faible ajout de rayonnement est suffisant. Cela pourrait expliquer qu'en semaine 10, malgré un rayonnement qui diminue par rapport à la semaine précédente, la vitesse de production augmente.

Conclusion partielle :

L'hygrométrie, la température du substrat et la température moyenne ambiante sous abri ne semblent pas influencer directement la dynamique de rendement.
La différence de températures entre le jour et la nuit joue probablement un rôle sur le calibre du fruit et donc sur le rendement. Or nous ne possédons pas le poids moyen des fruits sur ces différentes saisons, ni le nombre de fruits récoltés. A ce jour, nous ne pouvons donc pas conclure sur l'impact de ce facteur sur la dynamique de rendement.
Les variations du rayonnement présentent des similitudes avec les variations de rendement. On suppose donc que le rayonnement influence la dynamique de production.
Pour vérifier cette hypothèse, étudions ces paramètres chez les six producteurs suivis pour l'élaboration du taux d'avancement.

4.2.3. Vérification de l'impact du rayonnement sur la dynamique de production

D'après les constatations réalisées à partir des données du producteur 375, des saisons 2012 et 2014, la différence de rayonnement entre chaque semaine semble influencer la vitesse de maturité des fruits jusqu'à l'optimum de récolte. L'hypothèse soulevée pour la saison 2013 nécessite des observations complémentaires. La dynamique de la maturité des fruits serait régie par une accumulation de rayonnement perçue par le fruit depuis sa formation.
Nous nous focalisons également sur la pente d'entrée en récolte pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment.

Chez le producteur 313, l'itinéraire technique de production et les outils de productions sont comparables au producteur 375. La culture, sous abri à double parois gonflables, est équipée d'un chauffage basse température et d'injection de CO_2, 50% des plants proviennent du même pépiniériste et la récolte a débuté semaine 9. Nous supposons que la floraison est intervenue à la même période, soir 40 jours avant l'entrée en récolte.

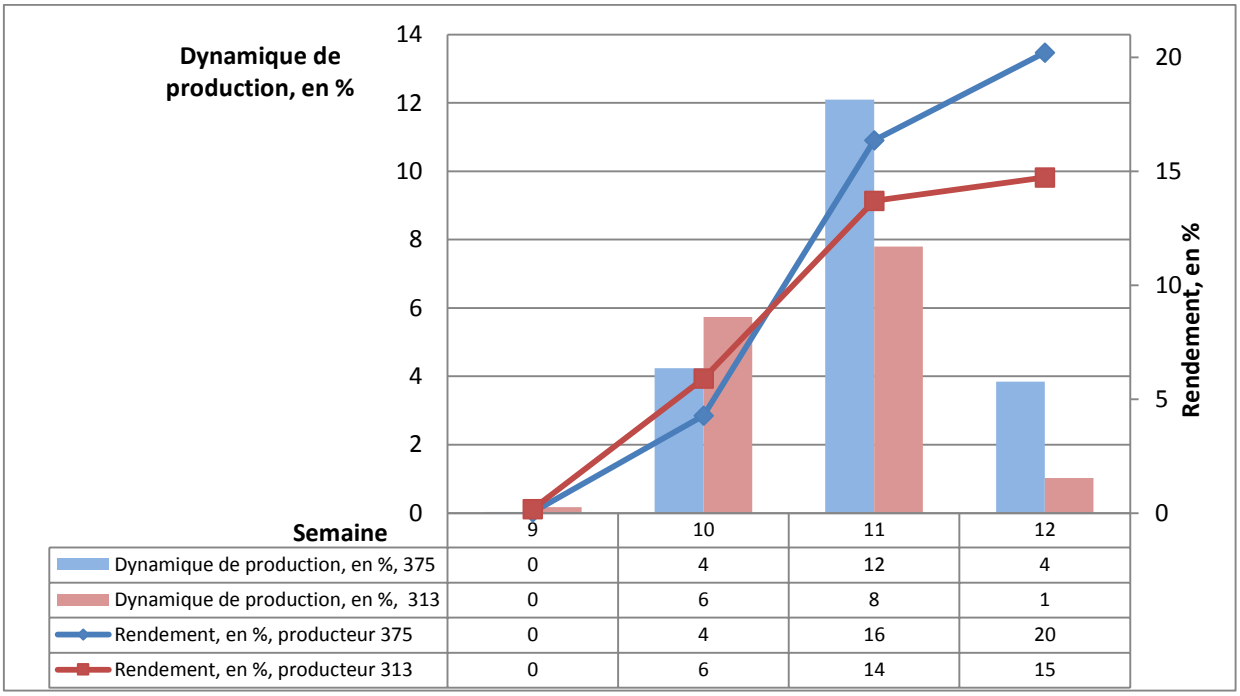


Figure 22 : Graphique représentant sous forme de courbes, le rendement en % et sous forme d'histogrammes, la dynamique de production en %, des producteurs 375 et 313, en culture hors-sol de 'Gariguette'. Données brutes issues du progiciel Navision.

Tableau 20 : Cumul des températures moyennes jour, nuit et 24h, sous abri, de la semaine 3 à 9, de la saison 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', des producteurs 375 et 313. Données issues des stations climatiques des producteurs.

Producteur	*Température Jour*	*Température Nuit*	*Température 24h*
375	711	459	560
313	721	449	560
Ecart-type	7.1	7.1	0.0

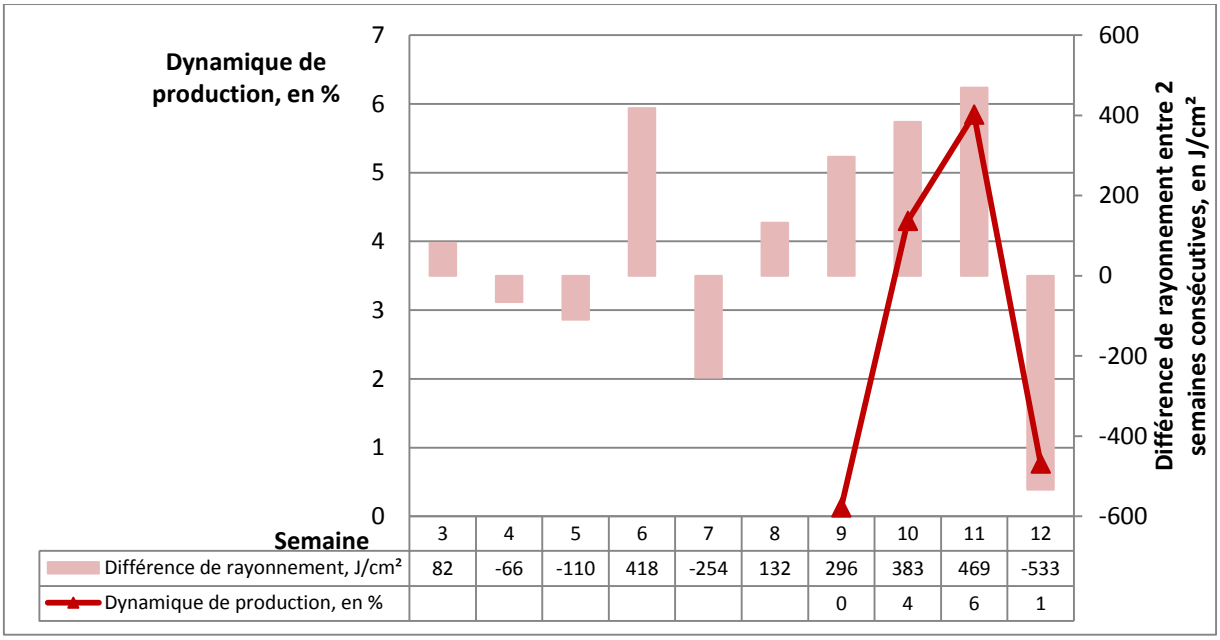


Figure 23 : Représentation sous forme d'histogramme, de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives de la floraison, semaine 3, au pic de récolte, semaine 12 et représentation sous forme de courbe, de la dynamique de production en %, saison 2014, en culture hors sol de 'Gariguette', chez le producteur 313. Données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47) et données de rendement issues de Navision.

L'écart moyen du rendement, pourcentage hebdomadaire par rapport au rendement cumulé semaine 21, entre les deux producteurs est relativement faible de la semaine 9 à 10, respectivement 0.1 et 0.8 %. Puis l'écart moyen s'agrandit en semaine 11 et 12, respectivement, 1.3 et 2.7%.
La dynamique de production jusqu'à l'optimum de rendement est légèrement différente. L'écart moyen des dynamiques de production est inférieur à 1% pour les semaines 9 et 10, respectivement, 0.1 et 0.7 %, puis s'accroit en semaine 11 et 12, respectivement, 2.1 et 1.4% **(cf. Figure 22)**.

Chez les deux producteurs, la température jour, nuit et 24h, sous abri, en culture hors-sol de 'Gariguette' est similaire de la semaine 3, début de floraison de la culture, à la semaine 12, pic de rendement **(cf. Annexe XIII)**. De plus, les températures moyennes 24h cumulées de la floraison à la semaine d'entrée en récolte sont identiques dans les cultures des producteurs 375 et 313 **(cf. Tableau 20**). La température jour cumulée est légèrement supérieure sous l'abri du producteur 313, au contraire, la température nuit cumulée est légèrement inférieure sous l'abri de ce même producteur par rapport aux températures jour et nuit sous abri du producteur 375. La température n'est donc pas le facteur déterminant de la dynamique de production.

En ce qui concerne le rayonnement, le constat chez le producteur 313 est identique au constat réalisé chez le producteur 375 **(cf. Figure 23)**. De la semaine 9 à 11, le rayonnement augmente chaque semaine, parallèlement la dynamique de production augmente. En semaine 12, le rayonnement chute de manière importante, perte de 533 J/cm², la dynamique de production chute également, diminution de 5%.
On déduit donc que le rayonnement joue un rôle important dans la dynamique de production. Or il n'est pas le seul facteur en entrer en compte. Tout d'abord, la dynamique de production est légèrement différente chez les deux producteurs. Ensuite, le rendement cumulé à la fin du premier jet semaine 18, avant la préparation du second jet, diffère également, 3.5 kg/m² pour le producteur 375 et seulement 2.9 kg/m² pour le producteur 313.

L'hypothèse de l'influence du rayonnement sur la dynamique de production est validée chez le producteur 313. On constate également que le rayonnement n'est pas le seul facteur influençant la dynamique de production.

Validons cette hypothèse chez des producteurs dont la conduite et l'abri de culture sont différents.

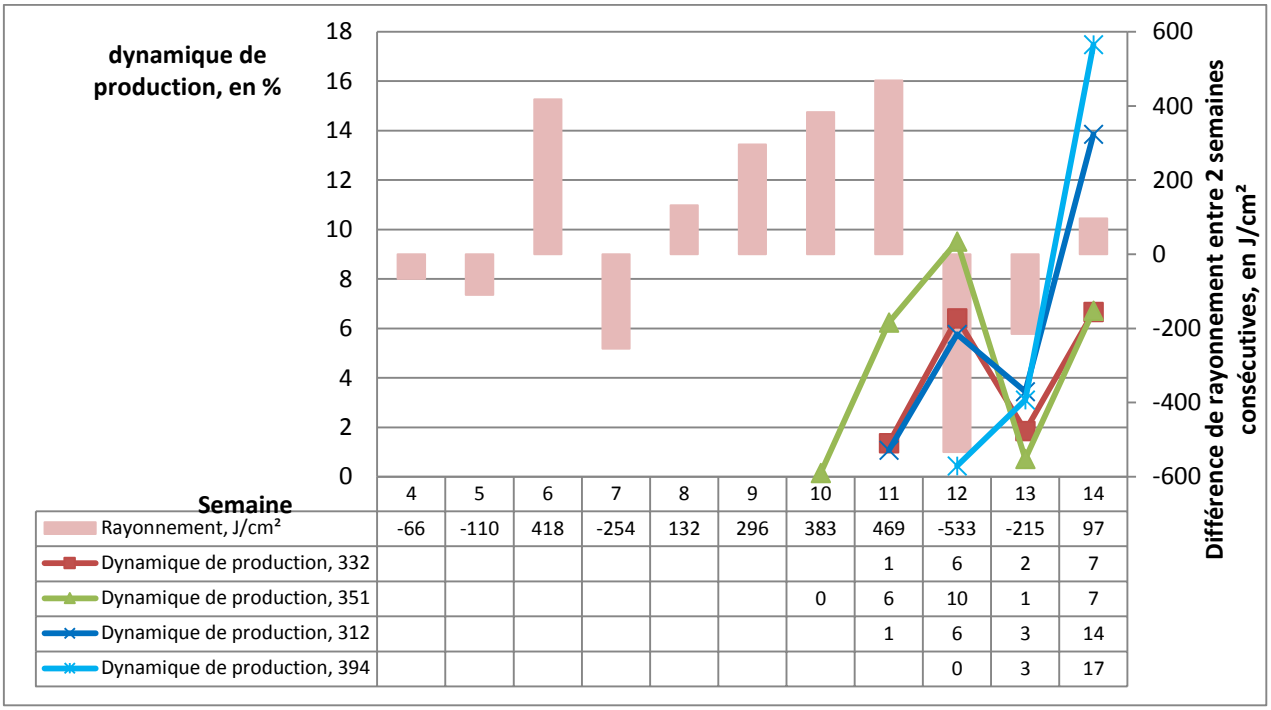


Figure 24 : Représentation sous forme d'histogramme, de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives de la floraison au pic de récolte et sous forme de courbes, de la dynamique de production en %, saison 2014, en culture hors sol de 'Gariguette', chez les producteurs 332, 351, 312 et 394. Données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47) et données de rendement issues du progiciel Navision.

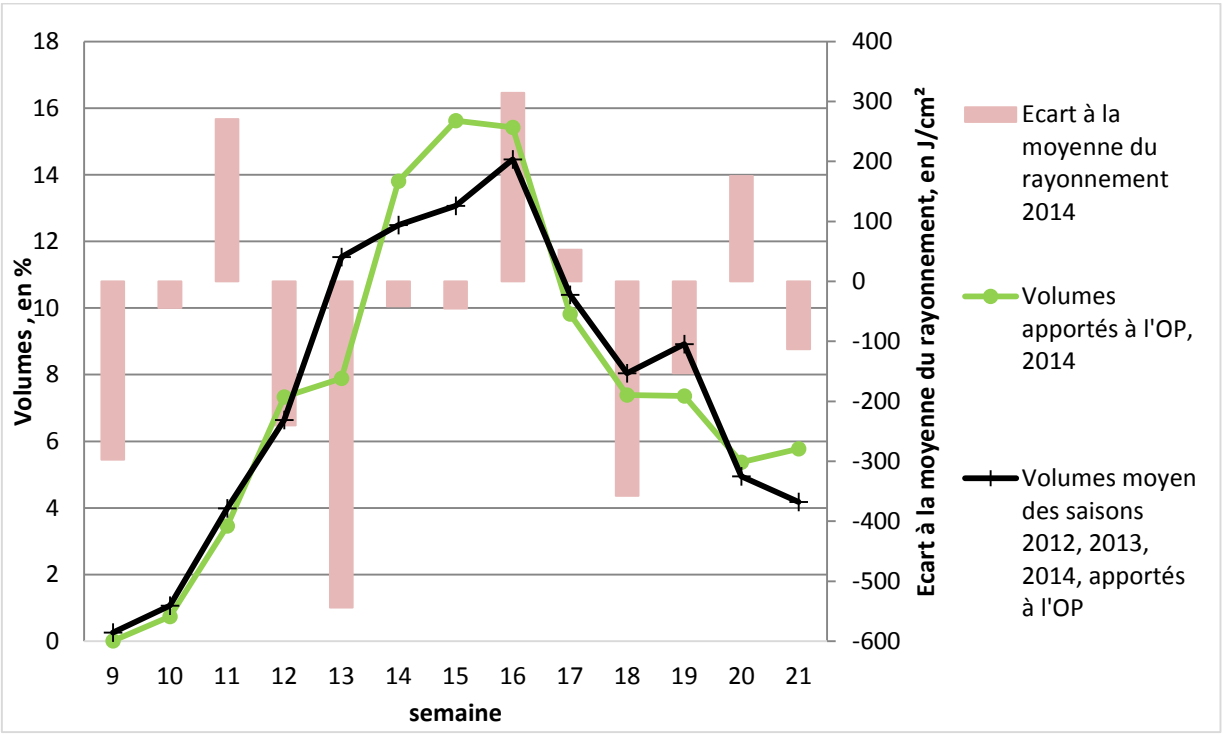


Figure 25 : Représentation sous forme de courbes, des volumes de fraises du premier jet de production de la variété 'Gariguette', apportés à l'OP, saison 2014 et la moyenne des volumes de fraises apportés à l'OP des saisons 2012, 2013 et 2014, en % par rapport au cumul des apports semaine 21, tous producteurs confondus et sous forme d'histogramme, la standardisation du rayonnement 2014 par rapport à la moyenne des saisons 2012, 2013 et 2014. Données d'apports issues du progiciel Navision et données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Le producteur 351, débute sa récolte semaine 10. En semaine 11 et 14, le rayonnement augmente par rapport à la semaine précédente, respectivement plus 469 et plus 97 J/cm², la vitesse augmente également, elle est respectivement, de 6 et 7%. Inversement, en semaine 13, le rayonnement diminue par rapport à la semaine précédente, moins 215 J/cm² alors la dynamique de production chute, diminution de 9% par rapport à la semaine précédente. Ces constats sont conformes aux observations chez les producteurs 375 et 313 **(cf. Figure 24)**.
Or, en semaine 12, le rayonnement diminue fortement alors que la dynamique de production continue d'augmenter. On constate sur l'histogramme de standardisation du rayonnement de la saison 2014 **(cf. Annexe XIV)** que le rayonnement de la semaine 11 est supérieur à la moyenne des saisons 2012, 2013 et 2014, de 271 J/cm². Le rayonnement est également supérieur à l'ensemble de la période étudiée pour la saison 2014. On suppose alors que les fruits aux stades noué et blanc en semaine 11, ont emmagasinés du rayonnement et que le faible rayonnement semaine 12, a suffi à les amener à maturité.

Les producteurs 332 et 312 entrent en récolte semaine 11. Le producteur 394 entre en production semaine 12. Chez ces trois producteurs, on observe les mêmes variations que pour le producteur 351. En semaine 13 et 14, la dynamique de production suit les fluctuations de rayonnement par rapport à la semaine précédente. En semaine 12, on constate le même dilemme que pour le producteur 351. L'accumulation de rayonnement par les fruits en semaine 11 expliquerait ce phénomène.

L'impact du rayonnement sur la dynamique de production est également visible à une échelle plus grande **(cf. Figure 25)**. Sur la période de la semaine 9 à 15, saison 2014, le rayonnement est majoritairement inférieur à la moyenne hormis semaine 11. Durant cette semaine, la dynamique de production augmente, la pente de la courbe des volumes est plus abrupte. Semaine 12, le rayonnement diminue fortement or la dynamique de production est similaire à celle de la semaine 11. L'hypothèse établie précédemment permet à nouveau d'expliquer ce phénomène. Semaine 11, les fruits atteignent un cumul de rayonnement suffisant pour arriver à maturité semaine 12 malgré un faible rayonnement.

Conclusion partielle :

L'étude des variations de la dynamique de production par rapport aux variations du rayonnement d'une semaine sur l'autre, chez plusieurs producteurs ayant des conduites différentes montre une influence de l'intensité lumineuse sur la vitesse de production. La dynamique de production n'est pas proportionnelle aux variations de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives.
A ce jour, cette hypothèse est seulement une intuition qui nécessite d'être approfondie par des analyses de données plus complètes, non disponibles cette saison.

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des surfaces foliaires en m² de feuilles/m² de serre optimales en fonction du stade de la culture de fraises, variété 'Gariguette'. Références établies par l'OP Valprim en 2006.

Stade	***Surface foliaire optimale***
Sortie de la 1ère hampe (stade boutons)	0,7
1 fleur ouverte par plante	0,9
15 organes floraux (fleurs + boutons)	1,0
20 organes floraux (fleurs + boutons)	1,4
25 organes floraux (fleurs + boutons)	1,6
5 fruits formés	2,2
10 fruits formés	2,3
15 fruits formés	2,4
20 fruits formés	2,5
25 fruits formés	2,7

Tableau 22 : Tableau récapitulatif des surfaces foliaires, de la charge en fruits et du rapport nombre de fruits/surface foliaire des cultures suivies, à la troisième semaine de récoltes de chaque culture. Données relevées sur le terrain, saison 2014.

Producteurs	***Origine des plants***	***Surface foliaire, m² de feuille/m² de serre***	***Charge en fruit moyenne/plante***	***Rapport : charge en fruits/surface foliaire***
313	Martaillac	1	15	15
312	Pozzobon	1,2	18	15
375	Pozzobon	1,7	24	14
332	West Plant	1,9	19	10
332	Chaban	1,1	26	24
312	Martaillac	1,4	31	22
351	Martaillac	1,3	29	22
394	Martaillac	1,2	17	15
Ecart-type		**0.3**	**5.8**	**4.9**

5. Discussion

Suite aux suivis des cultures et à l'analyse des dynamiques de production en fonction des données météorologiques et climatiques, deux tendances ont été dégagées. D'une part, le taux d'avancement de la maturité des fruits dépendrait du GDH, de la température 24h et de la température jour, sous abri. D'autre part, le rayonnement influencerait la dynamique de production. Le fruit, depuis la floraison, semble devoir recevoir une certaine quantité de rayonnement pour atteindre sa maturité. A ce jour, on ne peut pas définir le cumul de rayonnement nécessaire car nous ne connaissons pas de manière précise les dates de floraison.

Les taux d'avancement ont été établis à partir des observations réalisées sur la période de diminution des rendements, en fin de premier jet, en raison de la période de stage. D'un point de vue fiabilité des prévisionnels hebdomadaires de production, cette période n'est pas aujourd'hui primordiale. Ce suivi de la maturité des fruits a permis d'élaborer un protocole d'observation à renouveler l'année prochaine **(cf. Annexe XV)**, à partir de la mise en place des cultures.

Lors de la définition du taux d'avancement de la maturité des fruits, nous avons obtenu des écarts-type très important, nous détaillons ici les hypothèses explicatives.
Le suivi des cultures a été réalisé, chez chaque producteur, les mêmes jours de la semaine, à la même tranche horaire. Les récoltes, en fonction de la charge en fruits et du travail à effectuer sur la culture, ne sont pas obligatoirement régulières. Compter un bloc récolté une semaine et non récolté au moment du comptage la semaine suivante aurait pu introduire un biais dans le calcul. Pour éliminer ce biais, tous les fruits bagués stade 3, coloration rouge de la surface de l'épiderme externe supérieure à 50% de la surface totale, sont comptabilisés comme fruits récoltés entre deux observations. Les hypothèses que nous pouvons mettre en avant sont :

- **L'équilibre de la plante** (surface foliaire/nombre de fruits)

En début de culture, le producteur cherche à obtenir un développement racinaire puis foliaire afin d'obtenir une plante équilibrée. Pour cela, des références ont été établies durant la saison 2006 par les producteurs de Valprim **(cf. Tableau 21)**.
On observe que la surface foliaire de l'ensemble des producteurs suivis est inférieure à la surface foliaire optimale définie en 2006 **(cf. Tableau 22)**. On constate également une hétérogénéité de l'équilibre des cultures suivies, charge en fruits/surface foliaire, écart-type de 4.9. Cette hétérogénéité peut être une des causes des écart-types importants du taux d'avancement calculé.
La détermination du rendement à partir du nombre de fruits comptés et des poids moyens de la semaine d'annonce des prévisionnels hebdomadaires de production ou des poids moyens de la saison précédente attribués en fonction de la semaine d'entrée en récolte et de la semaine de récolte, ne semble pas être une piste exploitable par un suivi des cultures en production. La détermination du poids moyen nécessiterait, selon Mackenzie et al. (2009) [23] d'étudier des facteurs supplémentaires aux suivants, durée de la floraison, températures durant la floraison et jusqu'à la récolte. L'architecture du plant et la durée de l'initiation florale pourraient permettre de déterminer le calibre des fruits [23]. Il ne semble donc pas possible de se baser sur ces observations (nombre de fruits par plante et poids moyen des fruits), comme le font nos producteurs les plus engagés, pour évaluer les prévisionnels hebdomadaires de production.

- La **réactivité face aux besoins en eau et à la gestion de la fertilisation**

Les besoins en eau de la culture de fraises sur substrat dépendent de l'état des plantes et du couvert végétal. Ils doivent satisfaire à la fois les besoins en oxygène absorbé par les racines, c'est-à-dire proposer un substrat ressuyé et fournir les minéraux nécessaires au bon développement de la plante [27]. Les équilibres nutritifs sont définit par C. Sedilot, ils sont comparables entre tous les producteurs. La gestion quotidienne des arrosages, par le fractionnement des apports, est gérée par le producteur. Or l'équilibre nutritif peut varier fortement avec la variation de la conductivité électrique, EC, sans changement d'engrais. Une EC trop élevée ou un déséquilibre nutritif fait chuter le calibre des fruits et par conséquent le rendement et diminue leur fermeté. La gestion du pH du milieu racinaire est également primordiale pour une bonne disponibilité des éléments nutritifs et de l'assimilation par le fraisier. En effet, le pH modifie l'activité racinaire. Ainsi, l'état racinaire des plantes, la disponibilité des minéraux, l'EC et le pH peuvent influencer le calibre et la vitesse de maturation des fruits, or le suivi de ces facteurs n'a pas été intégré au protocole d'observation.

Les corrélations réalisées à partir des données météorologiques et climatiques cumulées par semaine et depuis la floraison possèdent des r^2 extrêmement bas, il semble donc que les températures et le rayonnement n'aient aucune influence sur la dynamique de production. La bibliographie démontre le contraire, analysons alors les biais qui entraine de tels résultats.

- Estimation de la floraison :

Nous estimons la date de floraison à partir de l'introduction de la première ruche dans les serres de fraises en culture hors-sol. Or l'introduction des ruches dans les serres dépend du producteur. Certains introduisent les ruches très tôt, dès l'apparition des premières fleurs, d'autres les introduisent lorsque la floraison est véritablement commencée. Prenons pour appui les producteurs 375 et 313. Leurs plants proviennent de la même pépinière, la plantation s'est déroulée début décembre sous le même type d'abri à double parois gonflables. Les climats sont gérés de manière équivalente, ils utilisent tous les deux le chauffage basse température, placé au niveau de la végétation et l'injection de CO_2 récupéré. La dynamique de production des deux cultures est similaire. Or le producteur 313 a introduit les ruches dans ses serres du 2 janvier au 24 février, alors que le producteur 375 les a introduit seulement à partir du 23 janvier jusqu'au 21 février, soit 21 jours de différence entre l'introduction des premières ruches.

- Durée de la floraison

La durée de la floraison dépend principalement du développement végétatif des plantes, de l'équilibre de la plante, et du climat sous abri, rayonnement et températures [26]. Dans notre étude, nous avons considéré, par absence de données, que la durée de floraison est la même chez tous les producteurs. En raison de cette répartition dans le temps de la floraison, les fruits à récolter en début de saison et en fin de saison n'ont pas subi les mêmes conditions climatiques durant leur développement et maturation. Ainsi, le cumul des données depuis la floraison estimée rassemble des données qui n'ont pas affecté l'ensemble des fruits constituant le rendement hebdomadaire.

Faute de données complètes, l'analyse des données par producteur a seulement permis d'établir des tendances définies précédemment. Les données manquantes concernent les dates de floraison et la durée de floraison des cultures, les données météorologiques des saisons antérieures à 2012, les données climatiques sous abri des producteurs des saisons précédentes, le rayonnement sous abri. Cette absence de données limite aujourd'hui l'étude à un établissement d'hypothèses.

Pour les saisons prochaines, il est nécessaire d'enrichir la base de données régulièrement. Elle comprend :

- Les données météorologiques : températures horaires, rayonnement journalier
- Les données climatiques horaires par producteur : CO_2, hygrométrie, température ambiante, température du substrat, rayonnement,
- La date de mise en place de la culture par producteur,
- La date de début de floraison, 50% des plantes possèdent au moins une fleur,
- La date de pleine floraison, les fleurs secondaires et tertiaires sont ouvertes,
- La date de fin de floraison, 50% des plants n'ont plus de fleur,
- La date de blanchiment de l'abri,
- La charge en fruit en début de récolte,
- La surface foliaire en début de récolte.

Pour que la base de données soit utilisable, il est primordial de vérifier si les sondes climatiques sont positionnées judicieusement et si elles reflètent le réel climat de l'abri. Cette vérification sera également bénéfique aux producteurs dont la conduite sous abri, gérée par ordinateur, dépend du bon fonctionnement de ces sondes.

* * *

6. Conclusion

Aujourd'hui, l'analyse de la fiabilité des prévisionnels hebdomadaires de production a permis de proposer des méthodes de communication et des outils guides à mettre en place la saison prochaine. Une communication permettant de valoriser l'intérêt des prévisionnels hebdomadaires de production, de rappeler les outils à disposition pour les réaliser et d'informer chaque semaine sur la fiabilité des annonces de la V1 favorisera l'investissement des producteurs. Les nouveaux outils guides, bases de références météorologiques et mise en place d'un outil sur Navision permettant le suivi dans le temps des apports et de la fiabilité des annonces, tout en prenant en compte les tendances formulées précédemment, doivent être testés dans un premier temps chez les producteurs les plus engagés dans la volonté de proposer des prévisionnels hebdomadaires fiables.

Malgré l'amélioration du prévisionnel saison, la marge d'évolution de la fiabilité est encore importante. Son évolution pour l'obtention de prévisionnels saison plus fiables nécessite de comprendre les différences de dynamiques de production chez un même producteur durant des saisons différentes. Pour cela, il est primordial de conserver les données climatiques de chaque producteur de la mise en place de la culture à la fin de récolte.

La base de données météorologique doit être enrichie afin de proposer une base de données sûre. Cette année, en raison du coût des données, les températures et le rayonnement de seulement trois saisons, 2012, 2013, 2014, ont été archivés. Les outils proposés en première partie doivent être associés à des références agronomiques et météorologiques sûres.

Cette étude a donc permis dans un premier temps de proposer des moyens et outils d'amélioration du prévisionnel hebdomadaire qui nécessite des bases de données de références. Dans un second temps, elle a permis de dégager des tendances concernant la dynamique de production. Ces hypothèses doivent être approfondies par l'analyse de données plus complètes, non disponibles cette saison. A plus long terme, grâce à l'accumulation de données définies précédemment, il sera possible de déterminer des références entre dynamique de production, rayonnement et températures sous abri.

Bibliographie

[2] «Les filières des fruits et légumes, Données 2013,» Les cahiers de FranceAgriMer, 2013.

[3] M. Dalla-Longa, «Le Lot-et-Garonne en bref, n°7,» Insee Aquitaine, avril 2012.

[4] M. Barabé-Manceau et C. Sedilot, *Réunion d'accueil SCA Valprim, campagne 2013,* Marmande, 2014.

[6] M. Barrabé-Manceau, Interviewee, [Interview]. 27 juin 2014.

[7] C. Sedilot, Interviewee, *Volumes et variétés en cultures de fraises, saison 2014.* [Interview]. 11 juillet 2014.

[8] C. Guérineau, J. Bigey, J. Longuesserre, J. Navatel, J. Pommier et C. Raynal-Lacroix , La culture du fraisier sur substrat, Orléans: Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, octobre 2003.

[9] J.-P. Bosc et A. Bardet, Fraisier : physiologie et types de plants, Paris: Duong-Minh Nguyen, CTIFL, février 2014.

[10] D. Taylor, «The physiology of flowering in Strawberry,» *Acta Horticulturae 567,* pp. 245-250, 2002.

[11] S. Y. Wang et M. J. Camp, «Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry,» *Scientia Horticulturae 85,* pp. 183-199, 8 novembre 2000.

[12] C. Sedilot, Interviewee, *Culture du fraisier sur substrat.* [Interview]. 11 juillet 2014.

[13] J. Bosc et M. Demene, «Le point sur l'induction florale chez le fraisier,» *Infos CTIFL,* n122, pp. 46-49, 2006.

[14] A. Van Laarhoven, «Fraise Hors sol, bulletin technique du 15 janvier 2008,» 2008.

[15] P. P. M. Iannetta, L.-J. Laarhoven, N. Medina-Escobar, E. K. James, M. T. McManuse, H. V. Davies et F. J. M. Harre, «Ethylene and carbon dioxide production by developing strawberries show a correlative pattern that is indicative of ripening climacteric fruit,» *Physiologia Plantarum 127,* p. 247–259, 2006.

[16] T. M. Montero, E. M. Molla, R. M. Esteban et F. J. Lopez Andreu, «Quality attributes of strawberry during ripening,» *Scientia Horticulturae 65,* pp. 239-250, 29 janvier 1996.

[17] P. Perkins-Veazie, «Growth and Ripening of Strawberry Fruit,» *Horticultural Reviews,* n117, pp. 267-298, 1995.

[18] L. Demirsoy, H. Demirsoy, S. Uzun et A. Ozturk, «The effect of different periods of shading on growth and yield in "Sweet Charlie" Strawberry,» *European Journal of Horticultural Science,* vol. 1, n172, pp. 26-31, 2007.

[19] K. Miyawaki, S. Fukuoka, Y. Kadomura, H. Hamaoka, T. Mito, H. Ohuchi, W. Schwab et S. Noji, «Establishment of a novel system to elucidate the mechanisms underlying light-induced ripening of strawberry fruit with an Agrobacterium-mediated RNAi technique,» *Plant Biotechnology 29,* pp. 271-277, 2012.

[20] E. Tsormpatsidis, M. Ordidge, R. Henbest, A. Wagstaffe, N. Battey et P. Hadley, «Harvesting fruit of equivalent chronological age and fruit position show individual effects of UV radiation on aspects of the strawberry ripening process,» *Environmental and Experimental Botany 74,* 23 Mai 2011.

[21] P. Le Mière, P. Hadley, J. Darby et N. Battey, «The effect of thermal environment, planting date and crown size on growth, development and yield of fragaria x ananassa Duch. cv Elsanta,» *Journal of Horticultural Science and Biotechnology 73,* pp. 786-795, 1998.

[22] H. Avigdori-Avidov, «Fruit Set and Development,» *Strawberry, CRC press, Boca Raton,* pp. 419-448, 1986.

[23] S. Mackenzie et C. Chandler, «A method to predict Weekly Strawberry Fruit Yields from extended season Production Systems,» *Agronomy Journal,* vol. 101, n12, pp. 278-287, 2009.

[24] M. Barrabé-Manceau, «Synthèse : Climat en culture de fraise hors-sol,» Document interne Valprim, Marmande, 2009.

[25] S. Parent, «Besoins nutritifs et physiologie du fraisier,» Journées horticoles de Saint-Rémi, Saint-Rémi, 2001.

[26] M. Barrabé-Manceau, «Synthèse : Floraison et fructification de la fraise en culture hors-sol,» Document interne Valprim, Marmande, 2009.

[27] C. Sedilot, «Synthèse : comprendre et calculer ses solutions nutritives en culture de fraises hors-sol.,» Rapport interne Valprim, Marmande, 2009.

[28] C. Sedilot, «Synthèse : Floraison et fructification de la fraise en culture hors-sol,» Document interne Valprim, Marmande, 2009.

[29] C. p. D. Birch et M. J. Hutchings, «Stolon growth and branching in Glechoma L.: an application of a plastochron index,» *New Phytol., 122,* pp. 545-551, 10 juillet 1992.

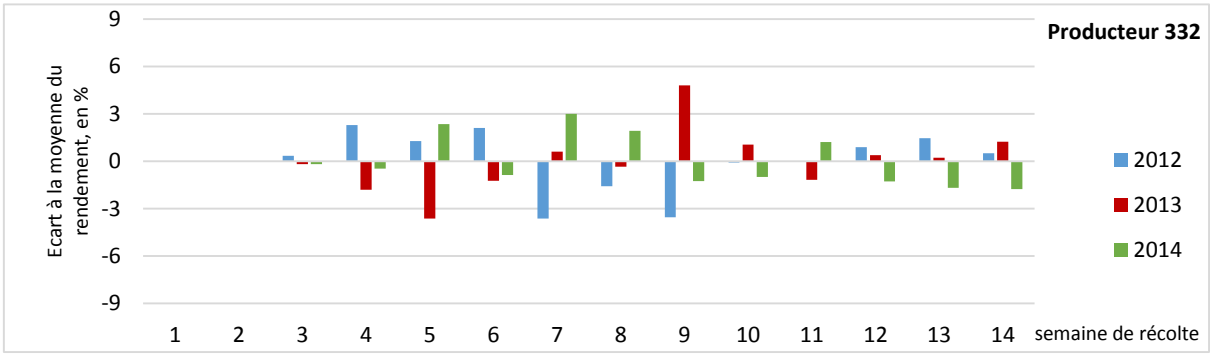
Sitographie

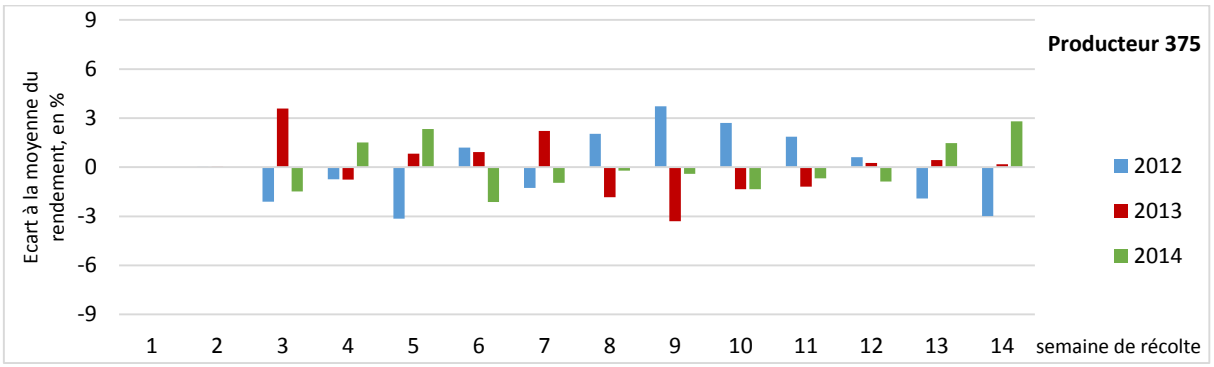
[1] «Food and Agricultural commodities production,» [En ligne]. Available: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx. [Accès le 20 juin 2014].

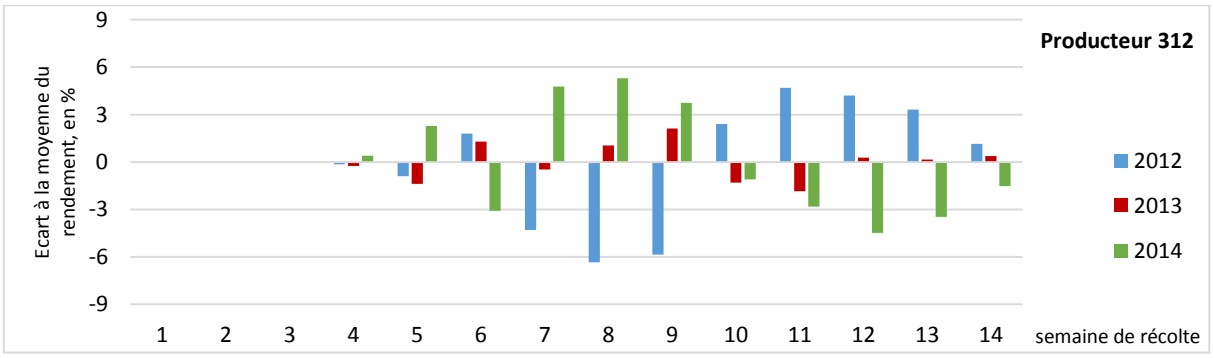
[5] «Présentation,» [En ligne]. Available: http://www.rougeline.com/fr/nous/presentation. [Accès le 19 juin 2014].

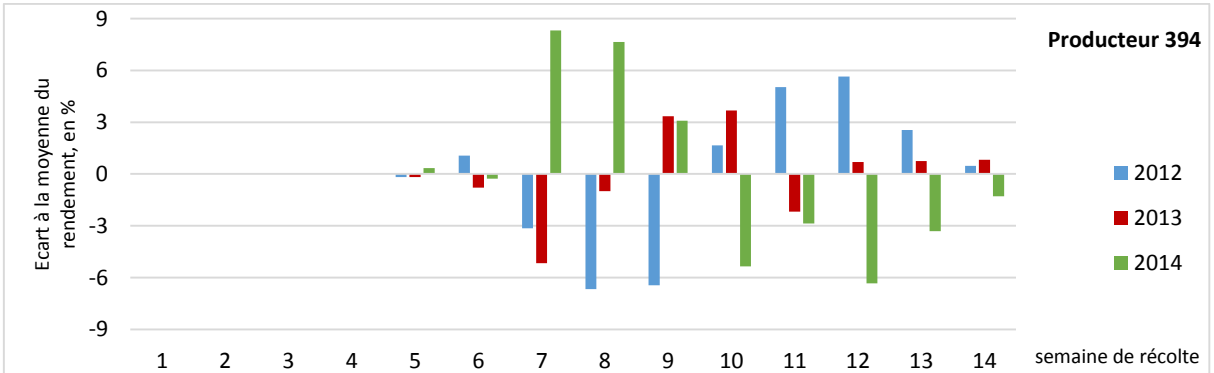
Annexe I :
Standardisation des rendements hebdomadaires des saisons 2012, 2013 et 2014, des producteurs 332, 375, 394 et 312

Ecarts des rendements hebdomadaires en pourcentage des saisons 2012, 2013 et 2014 des producteurs 332, 375, 394 et 312 par rapport à la moyenne des rendements des saisons 2012, 2013 et 2014 par producteur. Données brutes issues du progiciel Navision.



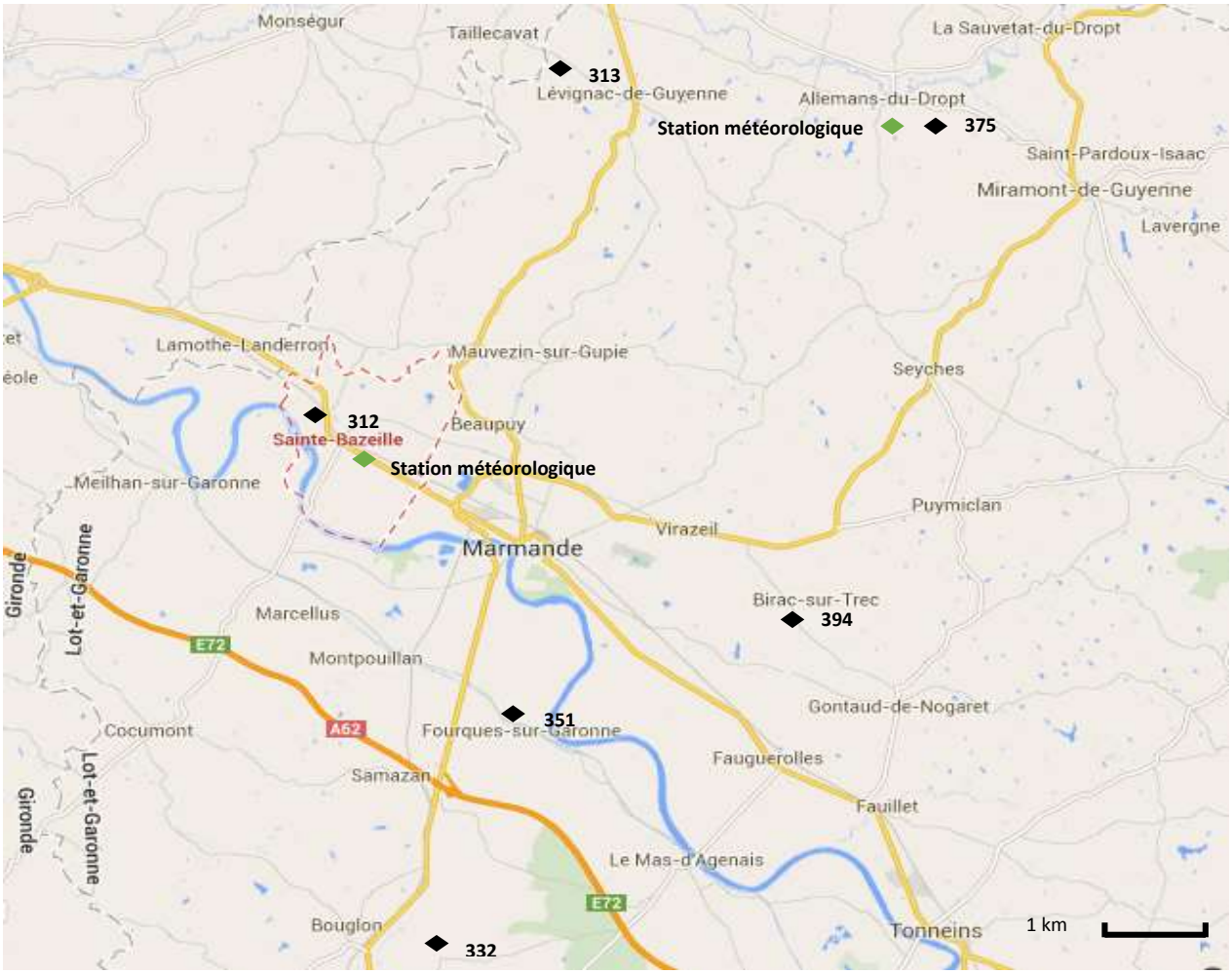






Annexe II :

Localisation des producteurs de fraises en culture hors-sol représentatifs des créneaux de production de l'OP Valprim et des stations météorologiques



Localisation des producteurs de fraises en culture hors-sol représentatifs de l'OP Valprim sous forme de losanges noirs et localisation des stations météorologiques sous forme de losanges verts.

Annexe III :

Températures moyennes hebdomadaires extérieures, saisons 2012, 2013 et 2014

Récapitulation des températures moyennes hebdomadaires, en °C, des saisons 2012, 2013 et 2014, de la moyenne hebdomadaire des saisons 2012, 2013, 2014 et des écarts hebdomadaires à la moyenne des saisons 2012, 2013, 2014. Données brutes issues de la station météorologique de Sainte Bazeille (47).

Semaine	***T° moyenne 2012***	***T° moyenne 2013***	***T° moyenne 2014***	***Moyenne 2012, 2013, 2014***	***Ecart à la moyenne 2012***	***Ecart à la moyenne 2013***	***Ecart à la moyenne 2014***
48	10,0	3,0	2,8	5,3	4,7	-2,2	-2,5
49	10,5	5,8	1,3	5,9	4,7	0,0	-4,6
50	8,5	6,3	3,7	6,1	2,3	0,1	-2,5
51	7,2	9,6	6,3	7,7	-0,5	1,9	-1,4
52	6,9	9,8	8,3	8,3	-1,4	1,5	0,0
1	9,3	6,9	8,2	8,1	1,1	-1,2	0,1
2	2,9	5,7	10,2	6,3	-3,4	-0,6	4,0
3	7,1	3,2	6,9	5,7	1,4	-2,5	1,1
4	6,5	4,2	7,9	6,2	0,3	-2,0	1,7
5	-0,9	9,0	6,3	4,8	-5,7	4,2	1,5
6	-5,0	6,3	8,0	3,1	-8,1	3,2	4,9
7	4,2	6,1	8,5	6,3	-2,0	-0,1	2,2
8	5,4	3,5	8,0	5,6	-0,2	-2,1	2,3
9	8,0	2,3	7,6	6,0	2,1	-3,7	1,7
10	7,0	12,4	9,2	9,5	-2,5	2,9	-0,3
11	11,2	5,5	11,0	9,2	1,9	-3,7	1,7
12	11,3	10,1	11,0	10,8	0,5	-0,8	0,2
13	15,2	10,5	9,9	11,8	3,3	-1,4	-1,9
14	11,4	8,0	14,3	11,3	0,2	-3,2	3,0
15	10,0	13,3	14,8	12,7	-2,7	0,6	2,1
16	9,4	14,3	14,1	12,6	-3,2	1,7	1,5
17	11,1	12,5	12,4	12,0	-0,9	0,5	0,4
18	13,7	12,9	13,0	13,2	0,5	-0,3	-0,2
19	19,3	14,6	15,7	16,5	2,8	-1,9	-0,9
20	14,2	12,1	14,8	13,7	0,5	-1,6	1,1
21	18,1	11,9	15,5	15,1	2,9	-3,3	0,3

Annexe IV :

Rayonnement cumulé hebdomadaire extérieur, saisons 2012, 2013, 2014

Récapitulation des rayonnements cumulés hebdomadaires, en J/cm², des saisons 2012, 2013 et 2014, de la moyenne hebdomadaire des saisons 2012, 2013, 2014 et des écarts hebdomadaires à la moyenne des saisons 2012, 2013, 2014. Données brutes issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Semaine	*Rayonnement 2012*	*Rayonnement 2013*	*Rayonnement 2014*	*Moyenne 2012-2013-2014*	*Ecart à la moyenne 2012*	*Ecart à la moyenne 2013*	*Ecart à la moyenne 2014*
48	1928	3801	3667	3132	-1204	669	535
49	1635	4212	2758	2868	-1233	1344	-110
50	1639	3167	5159	3322	-1683	-155	1837
51	1669	3115	3967	2917	-1248	198	1050
52	2044	3601	3195	2947	-902	654	248
1	1702	2793	2287	2261	-558	532	26
2	1777	2232	2952	2320	-543	-89	632
3	1597	4096	3809	3168	-1570	928	642
4	2130	3612	3347	3030	-900	582	317
5	4192	4819	2580	3864	329	955	-1284
6	7681	3752	5504	5646	2035	-1893	-142
7	5056	7342	3724	5374	-318	1968	-1650
8	8642	9288	4647	7526	1117	1762	-2879
9	9948	9740	6722	8803	1144	937	-2081
10	11358	8388	9406	9717	1641	-1330	-311
11	12523	7168	12689	10793	1730	-3626	1896
12	10662	12288	8955	10635	27	1653	-1680
13	15248	11078	7452	11259	3989	-182	-3808
14	7691	9442	8129	8420	-730	1022	-292
15	10721	12164	10965	11283	-562	880	-318
16	11216	13632	15580	13476	-2260	156	2104
17	6346	13203	10328	9959	-3613	3244	369
18	13671	12620	9392	11894	1777	726	-2502
19	16059	11767	12304	13377	2682	-1610	-1073
20	12509	12985	14590	13361	-852	-377	1229
21	13066	13131	11910	12702	364	428	-792

Annexe V :

Stades de maturation des fruits et bagues correspondantes



Photographie d'un fruit blanc avec akènes vert, stade 1, dans la culture du producteur 332, le 10/04/2014. Source M. Moreau



Photographie d'un fruit dont la coloration rouge de la surface de l'épiderme externe est inférieure à 50% de la surface totale, stade 2, dans la culture du producteur 332, le 10/04/2014. Source : M. Moreau



Photographie d'un fruit dont la coloration rouge de la surface de l'épiderme externe est supérieure à 50% de la surface totale, stade 3, dans la culture du producteur 332, le 10/04/2014. Source : M. Moreau

Annexe VI :

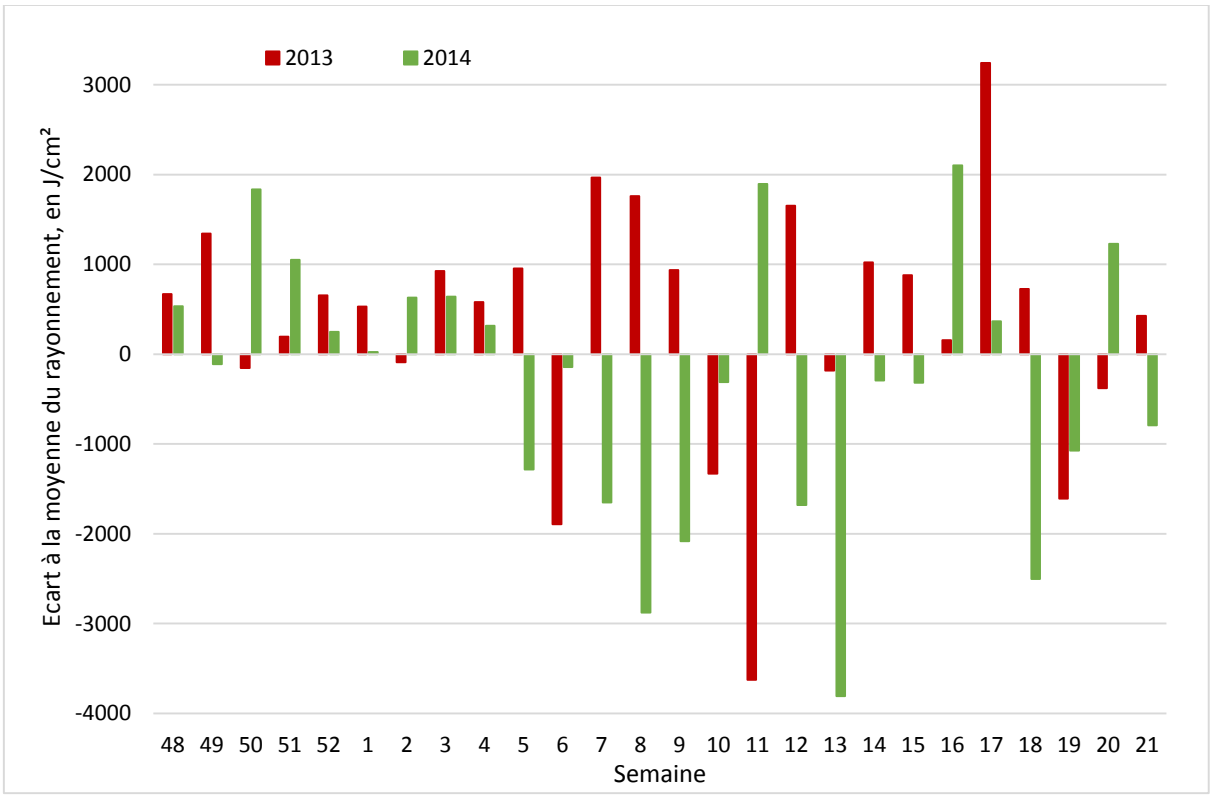
Fiche de notation de suivi de maturité des fruits

Etat du fruit lors de l'observation J-1		Etat du fruit lors de l'observation J												Total de fruits au stade 0		Total de fruits au stade 1		Total de fruits au stade 2		Total de fruits au stade 3		Total fruits		Nombre de fleurs	
		Stade 3				stade 2				stade 1															
	stade3	1		7		1		7		1		7		1		1		1		1		1		1	
		2		8		2		8		2		8		2		2		2		2		2		2	
		3		9		3		9		3		9		3		3		3		3		3		3	
		4		10		4		10		4		10		4		4		4		4		4		4	
		5		11		5		11		5		11		5		5		5		5		5		5	
		6		12		6		12		6		12		6		6		6		6		6		6	
	stade 2	1		7		1		7		1		7		7		7		7		7		7		7	
		2		8		2		8		2		8		8		8		8		8		8		8	
		3		9		3		9		3		9		9		9		9		9		9		9	
		4		10		4		10		4		10		10		10		10		10		10		10	
		5		11		5		11		5		11		11		11		11		11		11		11	
		6		12		6		12		6		12		12		12		12		12		12		12	
	stade 1	1		7		1		7		1		7													
		2		8		2		8		2		8													
		3		9		3		9		3		9													
		4		10		4		10		4		10													
		5		11		5		11		5		11													
		6		12		6		12		6		12													
	stade 0	1		7		1		7		1		7													
		2		8		2		8		2		8													
		3		9		3		9		3		9													
		4		10		4		10		4		10													
		5		11		5		11		5		11													
		6		12		6		12		6		12													

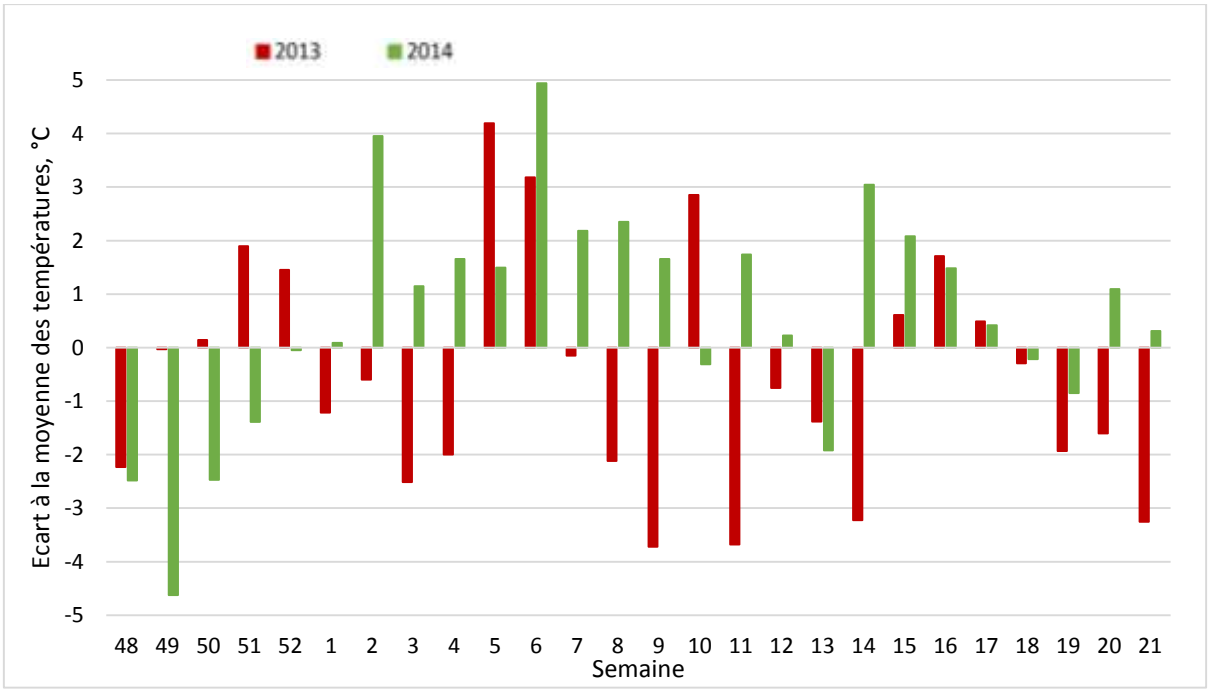
Fiche de notation utilisée pour le suivi de la maturité des fraises, variété 'Gariguette', en culture hors-sol. Source : M. Moreau.

Annexe VII :

Standardisation du rayonnement et de la température extérieurs des saisons 2012, 2013, 2014



Standardisation des rayonnements cumulés hebdomadaires extérieurs des saisons 2013 et 2014 par rapport à la moyenne des saisons 2012, 2013 et 2014. Données brutes issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemand du Dropt (47).



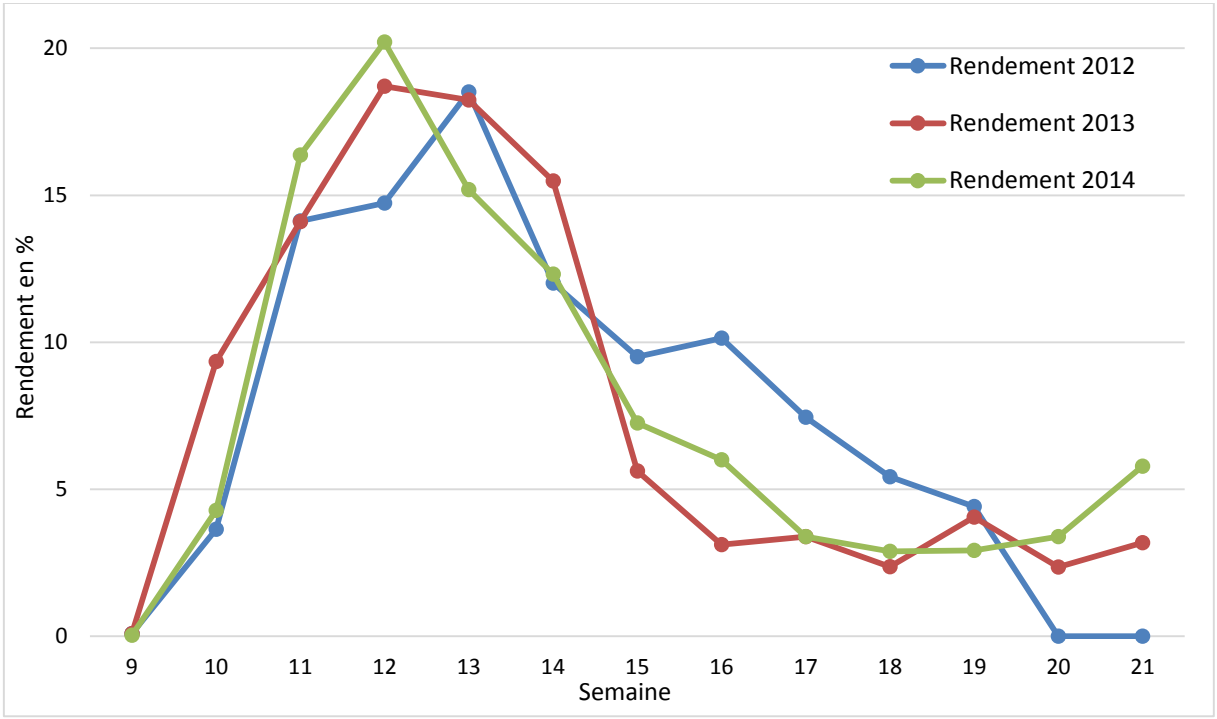
Standardisation des températures moyennes hebdomadaires extérieures, ramenées au jour, des saisons 2013 et 2014 par rapport à la moyenne des saisons 2012, 2013 et 2014. Données brutes issues de la station météorologique de Saintes Bazeille (47).

Annexe VIII :

Rendement hebdomadaire de fraises en culture hors-sol, variété ‘Gariguette’, des saisons 2012, 2013 et 2014, chez le producteur 375

Rendements hebdomadaires, en pourcentage par rapport aux rendements cumulés à la semaine 21, des saisons 2012, 2013 et 2014, de la variété ‘Gariguette’ cultivée chez le même producteur, dans le même bloc. Données issues du progiciel Navision.

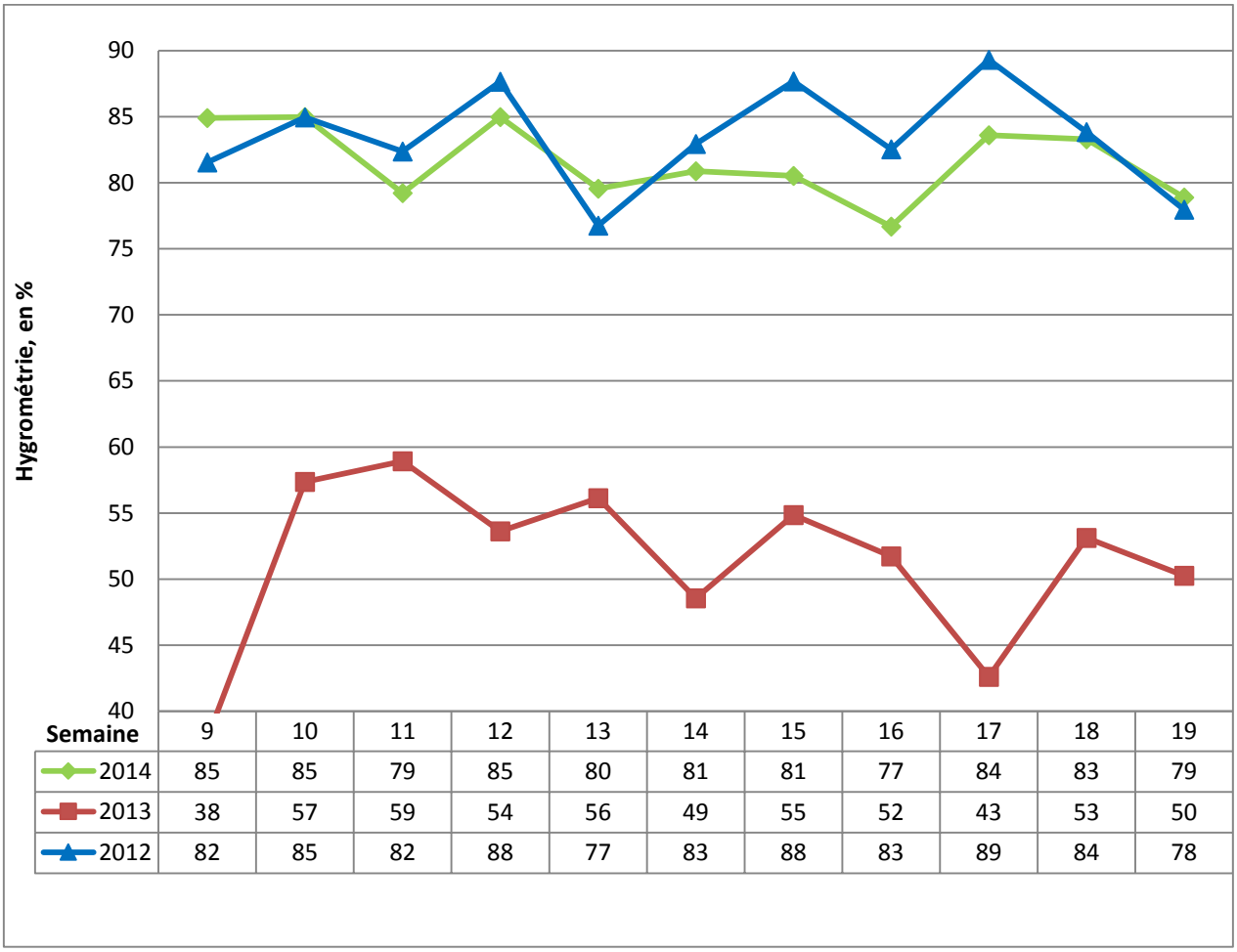
Semaines	***Rendement 2012, en %***	***Rendement 2013, en %***	***Rendement 2014, en %***
9	0	0	0
10	4	9	4
11	14	14	16
12	15	19	20
13	19	18	15
14	12	16	12
15	10	6	7
16	10	3	6
17	7	3	3
18	5	2	3
19	4	4	3
20	0	2	3
21	0	3	6



Courbe de rendements hebdomadaires des saisons 2012, 2013, 2014, en pourcentage par rapport aux rendements cumulés à la semaine 21, de la variété ‘Gariguette’, cultivée chez le producteur 375, dans le compartiment 2.

Annexe IX :

Hygrométrie sous abri en culture hors-sol de ‘Gariguette’ des saisons 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375



Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2014	85	85	79	85	80	81	81	77	84	83	79
2013	38	57	59	54	56	49	55	52	43	53	50
2012	82	85	82	88	77	83	88	83	89	84	78

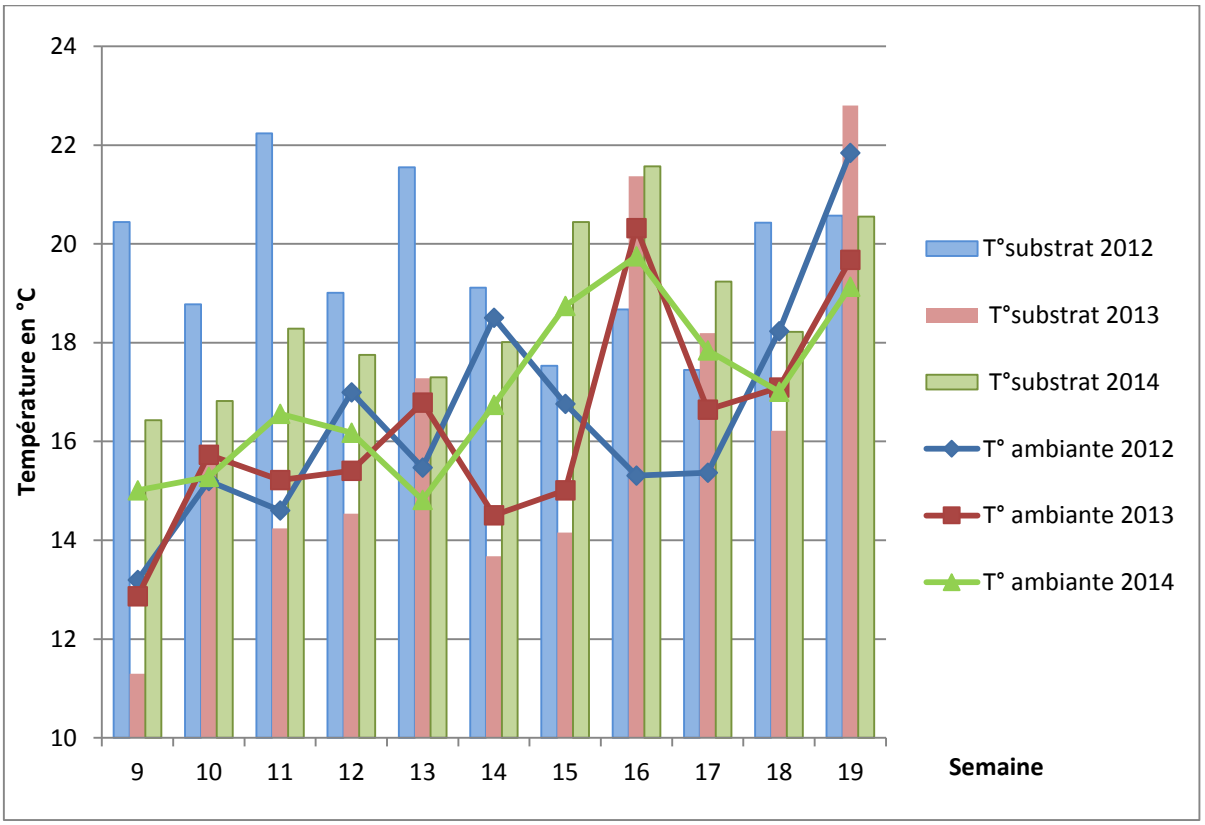
Graphique de l’hygrométrie moyenne hebdomadaire ramenée au jour, en pourcentage, des saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de ‘Gariguette’, dans le compartiment 2, chez le producteur 375. Données issues de la station climatique du producteur.

Annexe X :

Température du substrat et température ambiante sous abri, en culture hors-sol de 'Gariguette', saison 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375

Températures du substrat (T°s) et ambiante (T°amb) hebdomadaires moyennes ramenées au jour et différences hebdomadaires entre la température moyenne du substrat et la température moyenne ambiante (différence T°amb – T°s) sous abri. Données issues de la station météorologique du producteur.

Semaine	T°amb 2012	T°s 2012	Différence T°amb - T°s, 2012	T° amb 2013	T°s 2013	Différence T°amb - T°s, 2013	T° amb 2014	T°s 2014	Différence T°amb - T°s, 2014
9	13	20	-7	13	11	2	15	16	-1
10	15	19	-4	16	16	0	15	17	-2
11	15	22	-8	15	14	1	17	18	-2
12	17	19	-2	15	15	1	16	18	-2
13	15	22	-6	17	17	0	15	17	-2
14	19	19	-1	15	14	1	17	18	-1
15	17	18	-1	15	14	1	19	20	-2
16	15	19	-3	20	21	-1	20	22	-2
17	15	17	-2	17	18	-2	18	19	-1
18	18	20	-2	17	16	1	17	18	-1
19	22	21	1	20	23	-3	19	21	-1



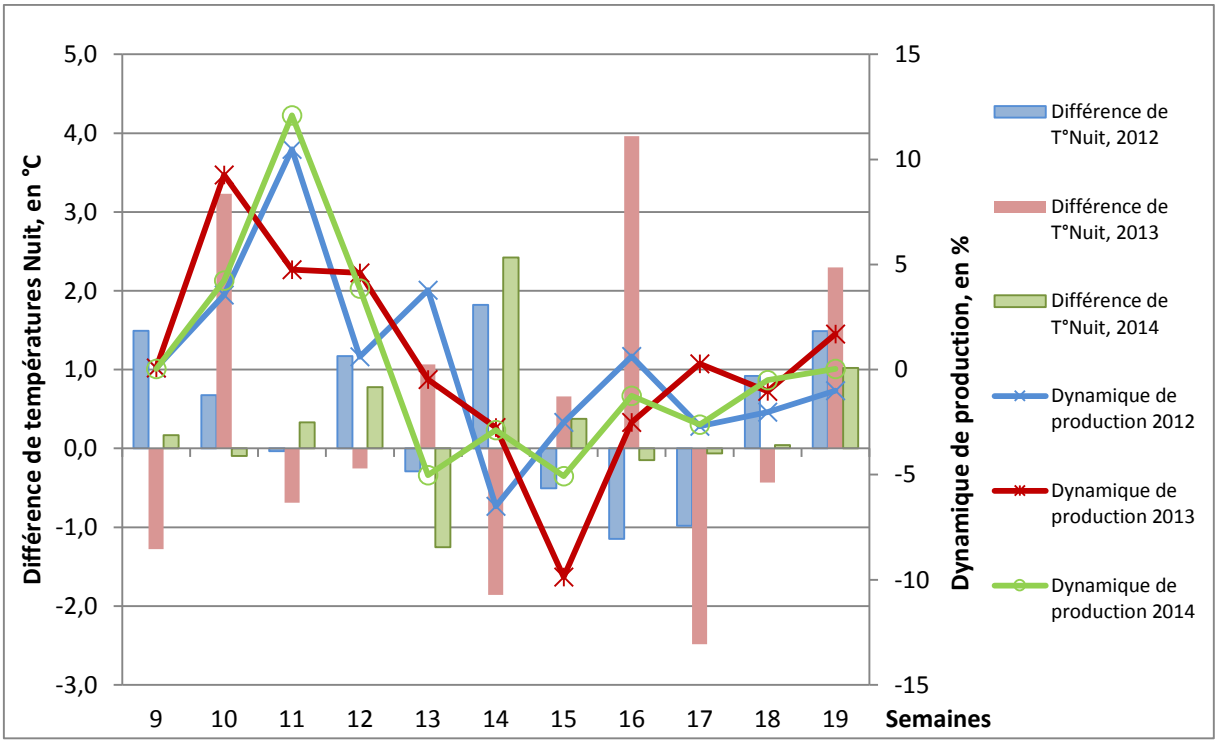
Graphique représentant sous forme d'histogrammes les températures moyennes hebdomadaires du substrat ramenées au jour et sous forme de courbes, les températures moyennes ambiantes à l'intérieur du compartiment 2, chez le producteur 375. Données issues de la station météorologique du producteur.

Annexe XI :

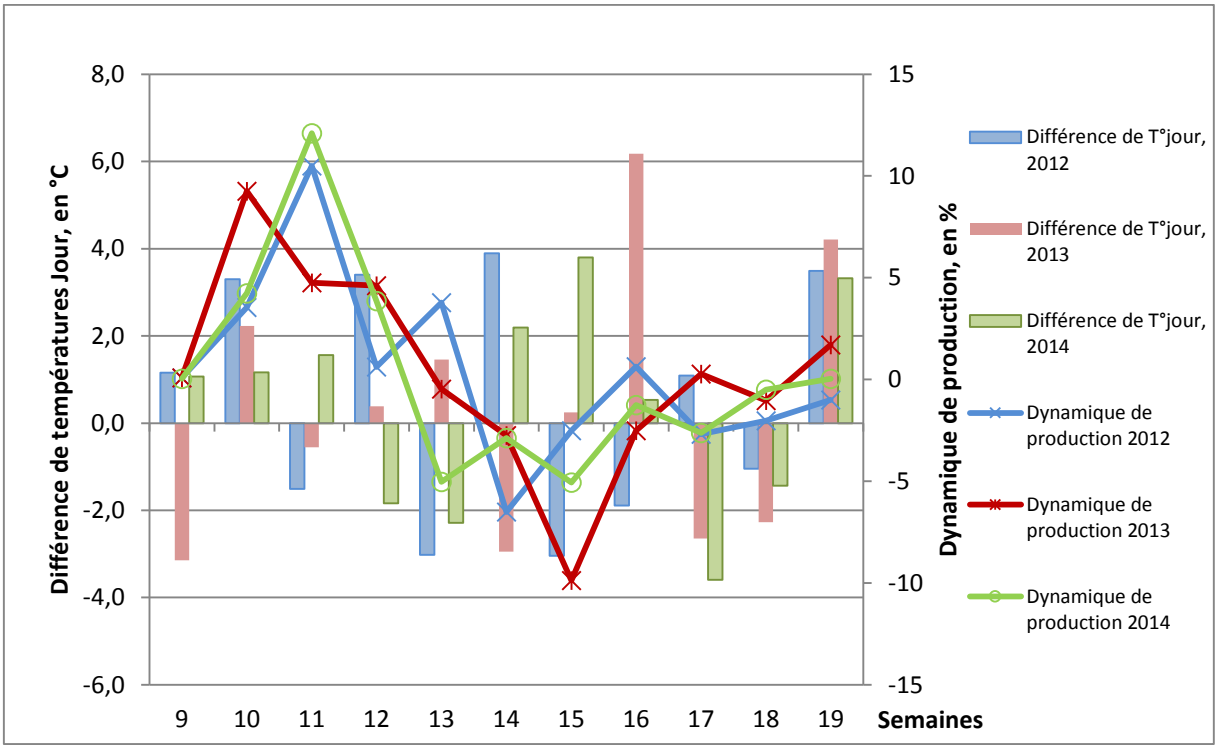
Différences de températures jour et nuit et dynamique de production entre deux semaines consécutives en culture hors-sol de 'Gariguette', saisons 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375

Récapitulatif de la dynamique de production (DP) en %, de la différence de température jour (Diff. T°jour) et nuit (Diff. T°Nuit) en °C, entre deux semaines consécutives, en culture hors-sol de 'Gariguette', des saisons 2012, 2013 et 2014, chez le producteur 375.

Semaine	DP 2012	DP 2013	DP 2014	Diff. T°jour, 2012	Diff. T°jour, 2013	Diff. T°jour, 2014	Diff. T°Nuit, 2012	Diff. T°Nuit, 2013	Diff. T°Nuit, 2014
9	0	0	0	1,2	-3,1	1,1	1,5	-1,3	0,2
10	4	9	4	3,3	2,2	1,2	0,7	3,2	-0,1
11	10	5	12	-1,5	-0,6	1,6	0,0	-0,7	0,3
12	1	5	4	3,4	0,4	-1,8	1,2	-0,3	0,8
13	4	0	-5	-3,0	1,5	-2,3	-0,3	1,1	-1,3
14	-7	-3	-3	3,9	-2,9	2,2	1,8	-1,9	2,4
15	-3	-10	-5	-3,0	0,2	3,8	-0,5	0,7	0,4
16	1	-3	-1	-1,9	6,2	0,5	-1,1	4,0	-0,1
17	-3	0	-3	1,1	-2,6	-3,6	-1,0	-2,5	-0,1
18	-2	-1	-1	-1,0	-2,3	-1,4	0,9	-0,4	0,0
19	-1	2	0	3,5	4,2	3,3	1,5	2,3	1,0



Représentation sous forme d'histogrammes, de la différence de température nuit sous abri en °C, entre deux semaines consécutives et représentation sous forme de courbes, de la dynamique de production en %, saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données de températures issues de la station climatique du producteur, données de rendements issues du progiciel Navision.



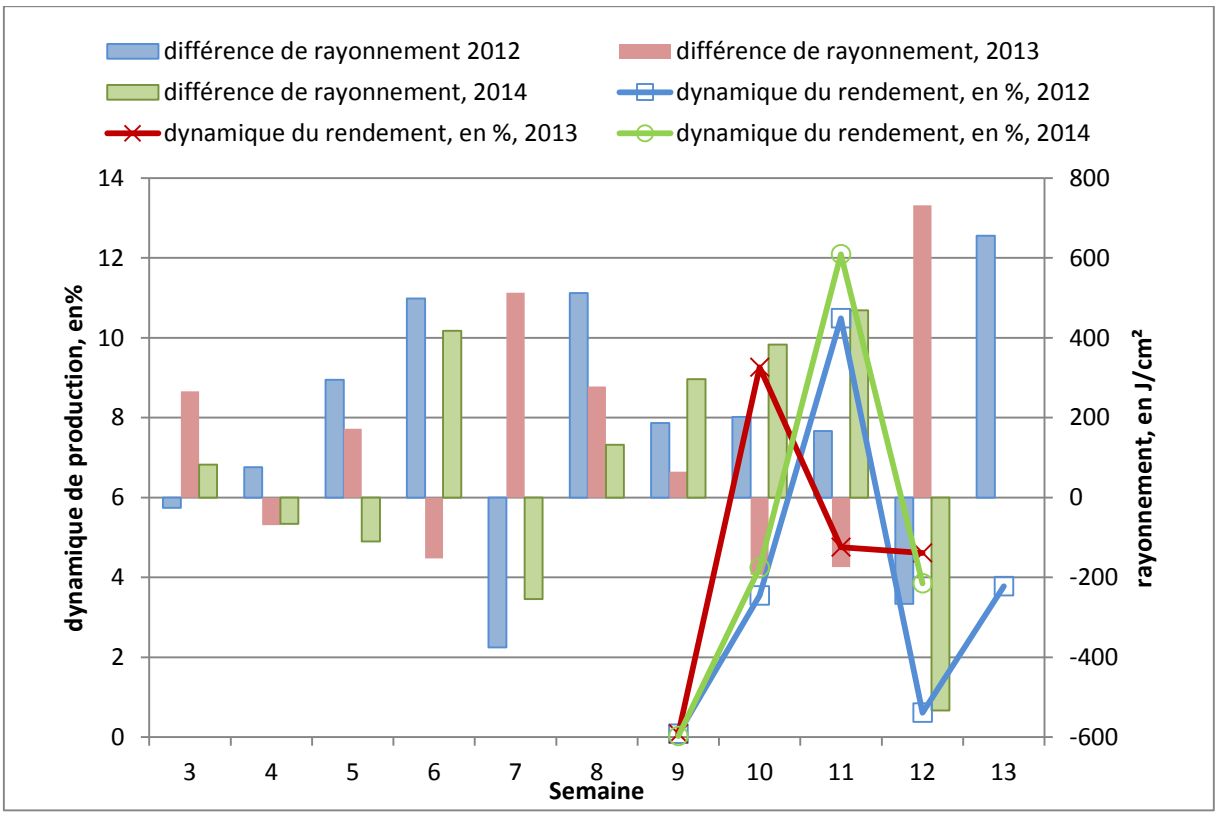
Représentation sous forme d'histogrammes, de la différence de température jour sous abri, en °C, entre deux semaines consécutives et représentation sous forme de courbes, de la dynamique de production en %, saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données de températures issues de la station climatique du producteur, données de rendements issues du progiciel Navision

Annexe XII :

Différences de rayonnement et dynamique de production entre deux semaines consécutives en culture hors-sol de 'Gariguette', saisons 2012, 2013, 2014, chez le producteur 375

Récapitulatif de la dynamique de production en %, et de la différence de rayonnement en J/cm², entre deux semaines consécutives, en culture hors-sol de 'Gariguette', des saisons 2012, 2013 et 2014, chez le producteur 375.

Semaine	*différence de rayonnement, 2012*	*dynamique de production, 2012*	*différence de rayonnement, 2013*	*dynamique de production, 2013*	*différence de rayonnement, 2014*	*dynamique de production, 2014*
3	-26		266		82	
4	76		-69		-66	
5	295		172		-110	
6	498		-152		418	
7	-375		513		-254	
8	512		278		132	
9	186	0	65	0	296	0
10	202	4	-193	9	383	4
11	166	10	-174	5	469	12
12	-266	1	732	5	-533	4
13	655	4	-173	0	-215	-5



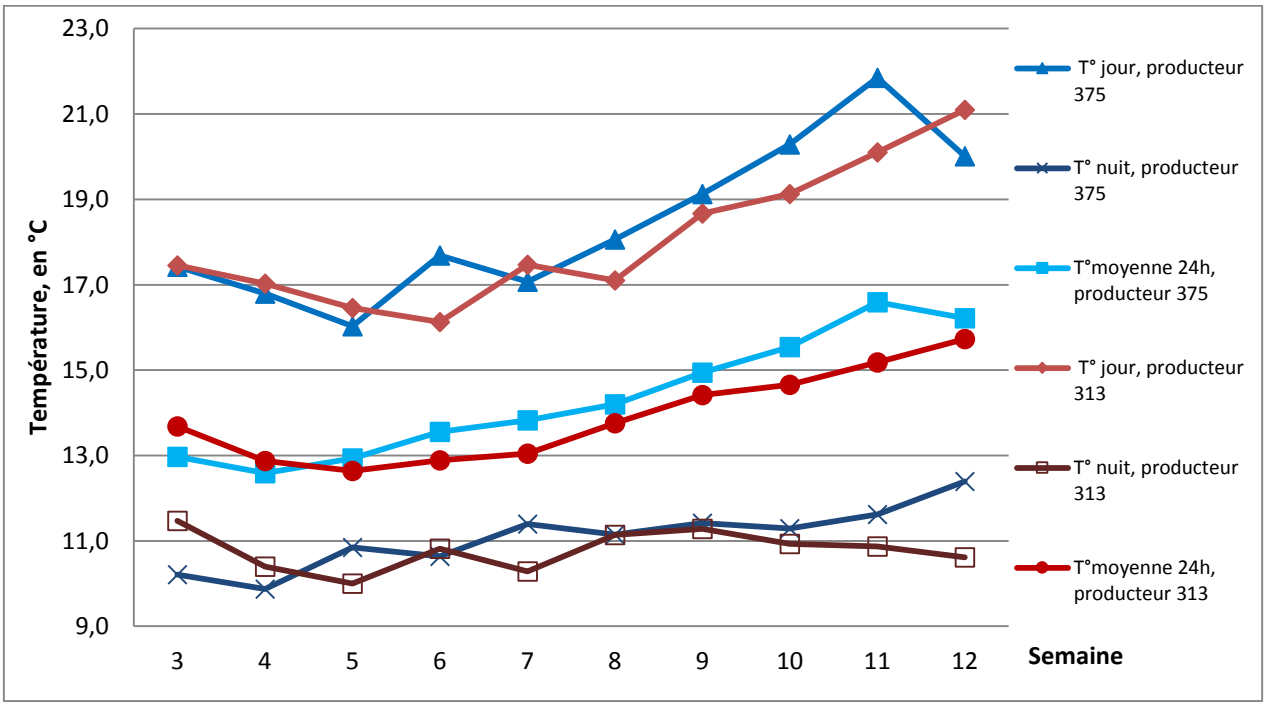
Représentation sous forme d'histogrammes, de la différence de rayonnement entre deux semaines consécutives de la floraison au pic de récolte et représentation sous forme de courbes, de la dynamique de production en %, des saisons 2012, 2013 et 2014, en culture hors-sol de 'Gariguette', chez le producteur 375. Données de rayonnement issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47) et données de rendement issues de Navision.

Annexe XIII :

Températures jour, nuit et 24h sous abri, en culture hors sol de ‘Gariguette’ chez les producteurs 313 et 375.

Récapitulatif des températures moyennes hebdomadaires jour, nuit et 24h, sous abri, de la semaine 3 à 12, de la saison 2014, en culture hors-sol de ‘Gariguette’, des producteurs 375 et 313. Données issues des stations climatiques des producteurs.

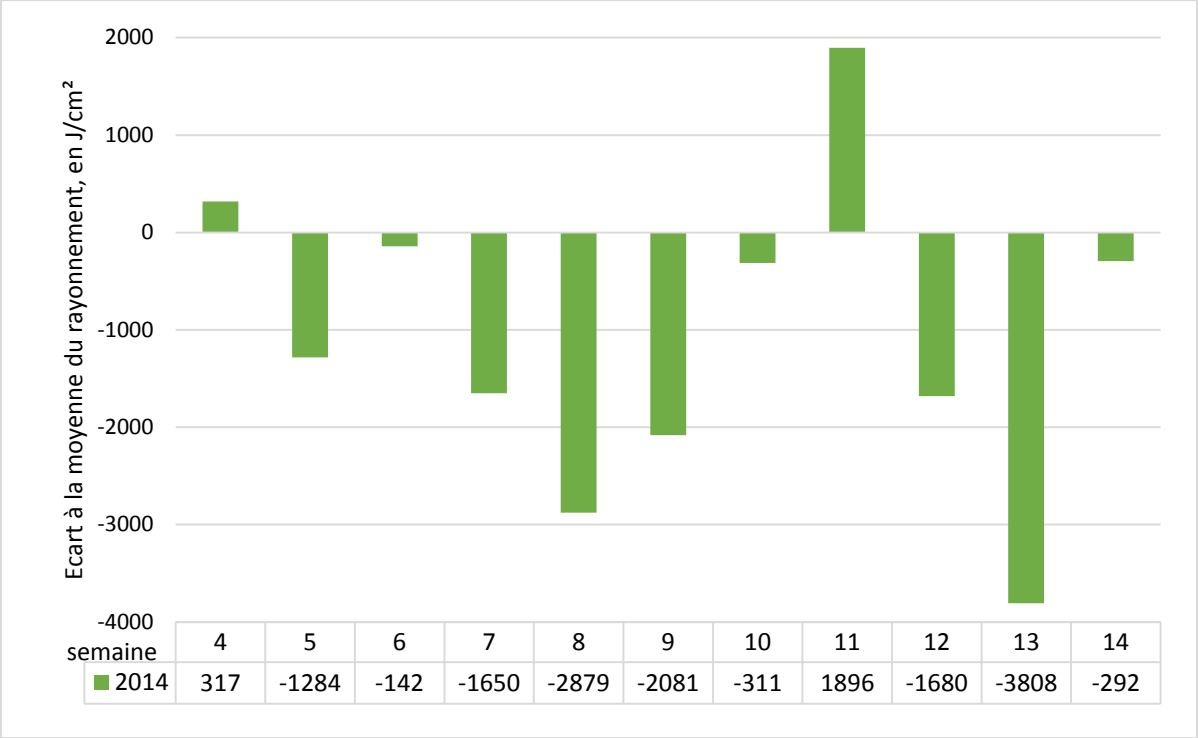
Semaine	***T° jour, producteur 375***	***T° nuit, producteur 375***	***T° 24h, producteur 375***	***T° jour, producteur 313***	***T° nuit, producteur 313***	***T° 24h, producteur 313***
3	17,4	10,2	13,0	17,5	11,5	13,7
4	16,8	9,9	12,6	17,0	10,4	12,9
5	16,0	10,8	12,9	16,5	10,0	12,6
6	17,7	10,6	13,6	16,1	10,8	12,9
7	17,1	11,4	13,8	17,5	10,3	13,0
8	18,1	11,2	14,2	17,1	11,1	13,8
9	19	11	15	18,7	11,3	14,4
10	20	11	16	19,1	10,9	14,7
11	22	12	17	20,1	10,9	15,2
12	20	12	16	21,1	10,6	15,7



Graphique des températures moyennes hebdomadaires jour, nuit et 24h, sous abri, de la semaine 3 à 12, de la saison 2014, en culture hors-sol de ‘Gariguette’, des producteurs 375 et 313. Données issues des stations climatiques des producteurs.

Annexe XIV:

Standardisation du rayonnement moyen de la saison 2014



semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2014	317	-1284	-142	-1650	-2879	-2081	-311	1896	-1680	-3808	-292

Standardisation du rayonnement moyen hebdomadaire de la saison 2014, de la semaine 4 à 14, par rapport à la moyenne du rayonnement hebdomadaire des saisons 2012, 2013, 2014. Données issues de la station météorologique d'un producteur, à Allemans du Dropt (47).

Annexe XV :

Protocole de suivi des productions de fraises, variété 'Gariguette', en culture sur substrat, pour la saison 2015

Objectif :

Déterminer l'entrée en récolte et la dynamique de production des fraises, variété 'Gariguette', en cultures sur substrat, créneau précoce, en fonction des conditions météorologiques et climatiques.

Matériel et méthodes :

Chez les six producteurs suivis durant la saison 2014, matérialiser au minimum deux blocs de 12 plantes, 6 plantes de chaque côté de l'allée.

Protocole :

Avant la mise en place de la culture, faire vérifier aux producteurs le bon étalonnage de leurs sondes climatiques.

Dès la mise en place de la culture, archiver la date de mise en place de la culture et relever de manière hebdomadaire :

- les données horaires sous abri de :
    - Température ambiante
    - Température du substrat
    - Hygrométrie ambiante
    - CO2
- l'EC et le pH des solutions nutritives
- la surface foliaire des plants

Lors de la floraison, archiver la date de début de floraison, 50% des plantes possèdent au moins une fleur ; la date de pleine floraison, les fleurs secondaires et tertiaires sont ouvertes ; la date de fin de floraison, 50% des plants n'ont plus de fleur.
Marquer les fleurs primaires, secondaires et tertiaires, indépendamment les unes des autres, le marquage doit permettre de déterminer la date de la floraison afin de suivre individuellement les fleurs.
Compter de manière hebdomadaire le nombre de fleurs totales

Au cours de la culture, suivre chaque semaine l'avancée des fruits marqués, noué, blanc aux akènes verts, dont la coloration rouge de la surface de l'épiderme externe est inférieure à 50% de la surface totale, mature dont la coloration rouge de la surface de l'épiderme externe est supérieure à 50% de la surface totale.
Compter de manière hebdomadaire le nombre de fruits total par plante.
Mesurer le poids moyen des fruits avant triage.

En fin de culture, analyser l'état racinaire des plants (longueur, diamètre, volume).

Tout au long de la culture, archiver les problèmes éventuels rencontrés dans la culture (oïdium, botrytis, fruits déformés et/ou petits).

	Diplôme : Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage *Spécialité :* Horticulture *Spécialisation/option :* Fruits, Légumes, Alimentation et Marchés *Enseignant référant :* Gerhard Buck-Sorlin

Auteur : Marie MOREAU *Date de naissance :* 24/04/1990	*Organisme d'accueil :* Valprim, Paysans de Rougeline *Adresse :* Chemin de Cazeaux, 47200 Marmande *Maître de stage :* Christine Sedilot
Nb pages : 36 *Annexe(s) :15*	
Année de soutenance : 2014	

Titre français : Fiabilisation des prévisions hebdomadaires de production de fraises en culture sur substrat

Titre anglais : Reliability strawberries weekly production forecasts on soilless system.

Résumé :

Depuis 2005, l'organisation de producteurs Valprim, paysans de Rougeline, cherche à fiabiliser ses prévisions hebdomadaires de production de fraises. L'objectif de ces prévisions est d'offrir aux commerciaux une connaissance précise des volumes disponibles, particulièrement en début de saison.

L'étude porte sur la production précoce de la variété de fraises 'Gariguette', en culture sur substrat.

Afin de proposer des prévisionnels hebdomadaires de production fiables, l'étude a été découpée en deux axes, d'une part l'analyse de la conformité des prévisionnels hebdomadaires de production, d'autre part l'établissement de références concernant la vitesse de maturation des fruits.

L'amélioration et la mise en place de moyens de communication et d'outils guides favoriseraient l'implication des producteurs et par conséquent la fiabilité des prévisions hebdomadaires de production. Ces outils nécessitent l'établissement de références concernant la dynamique de maturation des fruits. Les GDH, la température moyenne 24h et la température moyenne jour, sous abri, influenceraient la vitesse de maturation des fruits. Les variations de rayonnement interviendraient sur la dynamique de production. Ces influences des facteurs climatiques et météorologiques pris indépendamment ne sont pas visibles sur le rendement hebdomadaire, car, d'une part, ils sembleraient interagir et, d'autre part, à ce jour, nous ne savons pas appréhender les facteurs qui déterminent le poids moyen des fruits.

Abstract :

Since 2005, the Valprim grower organization looks for reliability of its weekly production forecasts. The aim of these forecasts is to provide for salespersons an accurate awareness of available volumes, particularly when the season starts.

The study focuses on the early production of the strawberry 'Gariguette' variety on soilless system.

In order to offer reliable weekly production forecast, the study was divided into two axes. Firstly, the analysis of weekly production forecast compliance, secondly the establishment of references regarding the rate of fruits ripening.

The improvement and development of media and lead tools would favor the involvement of growers and therefore the reliability of weekly production forecasts. These tools require the establishment of references regarding the dynamics of fruit ripening. The GDH, the 24h average temperature and the daily average temperature, under plastic, seem to influence advancement rate fruit maturity. Radiation variations, similar to the dynamics of production, would influence the speed of fruit ripening. These influences of climate and weathers factors are not visible on the weekly productivity because thus far; we don't know understand the factors that determine the average fruit weight.

Mots-clés : fraise, variété 'Gariguette', culture hors-sol, prévisions hebdomadaires de récolte, conformité des annonces hebdomadaires de production, températures sous abri, rayonnement

Key Words: Strawberry, 'Gariguette' variety, soilless system, weekly crop forecast, Compliance weekly announcements production, temperatures under plastic, radiation