

## RAPPORT

# EST-CE POSSIBLE D'EXPLIQUER LA VARIABILITÉ DU RENDEMENT À L'INTÉRIEUR D'UNE BLEUETIÈRE?



Carl Boivin, Jérémie Vallée, Antoine Lamontagne et Pierre-Olivier Martel

Mars 2020

Ce projet a été financé par le Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région (PADAAR)





L'IRDA a été constitué en mars 1998 par quatre membres fondateurs, soit le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI).

L'IRDA est une corporation de recherche à but non lucratif qui travaille à chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

### **Notre mission**

L'IRDA est un institut de recherche et de développement qui a pour mission de soutenir le développement d'une agriculture durable au Québec en favorisant le recours à l'innovation et aux partenariats.

### **Pour en savoir plus**

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

## ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

- Responsable du projet : Carl Boivin, agr., M. Sc. - IRDA
- Jérémie Vallée, agr., B. Sc. - IRDA
- Antoine Lamontagne, t.a. - IRDA
- Michèle Grenier, M. Sc., biostatisticienne - IRDA
- Pierre-Olivier Martel, agr. - DRSLJ du MAPAQ
- Andrée Tremblay, t.a. - DRSLJ du MAPAQ
- Paul-Eugène Grenon - Ferme Forestière Paul Grenon & Fils inc.

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

Carl Boivin

IRDA

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

418 643-2380, poste 430

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

## LE RAPPORT PEUT ÊTRE CITÉ COMME SUIT :

Boivin, C., J. Vallée, A. Lamontagne et P.-O. Martel. 2020. Est-ce possible d'expliquer la variabilité à l'intérieur d'une bleuetière. Rapport remis à la DRSLJ du MAPAQ. 41 p.

# SOMMAIRE

---

## FAITS SAILLANTS

- Un nombre plus élevé de fleurs au 19 juin est corrélé avec un poids biomasse aérienne (tiges et feuilles) au 28 août qui est plus élevé.
- Un nombre élevé de fleurs au 19 juin et de fruits au 17 juillet est corrélé avec des conditions de sol propices à la minéralisation de l'azote.
- Un sol avec une importante couche d'humus en surface et avec un pH plus bas est corrélé avec une diminution de son pouvoir de minéralisation de l'azote.
- Le taux de mise à fruit au 17 juillet a été supérieur aux endroits où le poids en biomasse aérienne a été plus faible et où la température moyenne du sol durant la saison a été plus élevée.
- Au 28 août, le rendement en fruits a été supérieur où la hauteur du couvert végétal, le poids en biomasse aérienne et le prélèvement en eau ont été les plus faibles.

## HYPOTHÈSES FORMULÉES À LA SUITE DE CES RELATIONS

1. Les conditions de sol favorables à la minéralisation de l'azote, mesurées en saison de production, l'étaient aussi durant la saison de végétation.
2. Une densité plus faible de ramets est propice au réchauffement du sol, car davantage de rayonnement solaire peut être absorbé.
3. Le moment de la floraison a été plus hâtif où la température moyenne du sol a été plus élevée et cela a été favorable à la pollinisation.
4. Un taux de mise à fruit plus faible a été favorable à une croissance végétative plus élevée des ramets durant le reste de la saison.
5. Une couche d'humus dont l'épaisseur est plus élevée est un contexte environnemental qui aggrave la non-disponibilité de l'azote.

# TABLE DES MATIÈRES

1	Mise en contexte .....	1
2	Objectifs.....	2
3	Calendrier de réalisation .....	3
4	Méthodologie .....	4
4.1	Site .....	4
4.2	Conditions météorologiques .....	4
4.3	Variables mesurées .....	4
4.3.1	Variables ayant trait aux fleurs et aux fruits (N° 1 à 6).....	4
4.3.2	Variables ayant trait aux parties végétatives (N° 7 à 13) .....	4
4.3.3	Coefficient cultural ( $K_c$ ) - Variable N° 14.....	5
4.3.4	Variables ayant trait à la situation géographique (N° 15 à 17) .....	5
4.3.5	Variables ayant trait aux propriétés physico-chimiques du sol (N° 18 à 26).....	5
4.3.6	Pouvoir de minéralisation – Variables N° 27 à 30 .....	6
4.3.7	Mesure de la compaction du sol – Variables N° 31 à 36 .....	6
4.3.8	Température du sol – Variables N° 37 à 40 .....	6
4.4	Analyses statistiques .....	6
5	Résultats .....	7
5.1	Fleurs, fruits, mise à fruit et rendement .....	8
5.2	Variable « contexte environnemental » et variable « réponse ».....	12
5.2.1	Variables qui sont corrélées avec un « contexte environnemental » favorable à un poids en fruits plus élevé.....	13
5.2.2	Variables corrélées avec un sol dont la masse volumique apparente est plus élevée .....	17
5.2.3	Variables corrélées avec un sol dont la couche d’humus en surface est plus faible.....	18
5.3	Variables qui sont corrélées avec une « réponse » favorable à un poids en fruits plus élevé.....	19
5.3.1	Variables corrélées avec une hauteur de couvert végétal plus basse.....	19
5.3.2	Variables corrélées avec une biomasse aérienne plus faible .....	20
5.3.3	Variables corrélées avec un ratio Feuilles/Tiges en faveur d’un poids supérieur en tiges .....	21
5.3.4	Variables corrélées avec un sol propice au réchauffement .....	22
6	Interprétation des résultats et conclusion .....	23
6.1	Retour sur les objectifs du projet .....	24
6.1.1	Identifier des conditions environnementales, autres que la génétique de la plante, qui sont favorables à un prélèvement en eau de la culture qui est supérieur .....	24
6.1.2	Identifier des conditions environnementales, autres que la génétique de la plante, qui sont favorables à un rendement qui est supérieur (Nouvel Objectif).....	24

6.1.3	Les conditions environnementales identifiées, proposer des interventions pour augmenter le rendement des zones où ce dernier est plus faible .....	25
6.1.4	Consolider l'approche du « prélèvement en eau de la culture » comme un indice pour évaluer le potentiel de rendement d'une bleuetière.....	25
7	Annexe .....	26
8	Bibliographie.....	32

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Relation entre le $K_c$ moyen obtenu en saison de végétation et le poids en fruits récolté pour un champ donné (Tiré de Boivin et coll., 2019). .....	26
Figure 2. Relation entre le $K_c$ moyen obtenu en saison de production et le poids en fruits récolté pour un champ donné (Adaptée de Boivin et coll., 2019). .....	26
Figure 3. Station météorologique installée dans la bleuetière – 19 juin 2019. ....	27
Figure 4. Identification des 5 tiges utilisées pour compter le nombre de fleurs et de fruits et pour mesurer le taux de mise à fruit – 19 juin 2019. ....	28
Figure 5. Prélèvement d'un cylindre de sol pour mesurer la masse volumique apparente. Le second cylindre sera utilisé pour enfoncer le premier à la profondeur voulue (2,5 à 4 po) afin d'éviter de compacter le sol – 28 août 2019. ....	29
Figure 6. Les cylindres sont retirés du sol à l'aide d'une pelle – 28 août 2019. ....	30
Figure 7. Pénétrromètre utilisé pour mesurer la résistance du sol à la pénétration – 28 août 2019. ....	31

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Numéro et nom de la variable considérée, nombre de parcelles où cette dernière est disponible et statistiques simples. ....	7
Tableau 2. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 1-Nombre de fleurs au 19 juin » et les variables n° 2, 7, 8, 10, 11, 28, 29 et 35. ....	8
Tableau 3. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 2-Nombre de fruits au 17 juillet » et les variables n° 1, 3, 14, 25, 28 et 29 et 35. ....	9
Tableau 4. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 3-Taux de mise à fruits au 17 juillet » et les variables n° 2, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17, 25, 29 et 39. ....	10
Tableau 5. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 4-Poids en fruits frais au 28 août » et les variables n° 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 21, 25, 37, 39 et 40. ....	11
Tableau 6. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 15-Latitude » et les variables n° 6, 8, 14, 17, 18, 21, 22, 23, 24 et 28. ....	13
Tableau 7. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 17-Attitude » et les variables n° 15, 18, 21, 22, 23, 25, 29, 37 et 39. ....	14
Tableau 8. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 21-Taux de matière organique » et les variables n° 9, 12, 15, 17, 18, 19, 22, 24, 26 et 29. ....	15
Tableau 9. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 19-pH <sub>eau</sub> » et les variables n° 21, 26, 27, 28 et 31. ....	16
Tableau 10. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 25-Masse volumique apparente » et les variables n° 3, 17, 22, 23, 26, 29, 30, 31, 37 et 39. ....	17
Tableau 11. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 26-Proportion couche humus » et les variables n° 2, 19, 21, 25, 28 et 30. ....	18
Tableau 12. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 13-Hauteur couvert végétal » et les variables n° 3, 6, 12, 14, 15, 32, 33, 35, 37 et 38. ....	19
Tableau 13. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 8-Poids sec Tiges + Feuilles (g) » et les variables n° 3, 12, 13, 14, 15, 21, 27, 37, 38 et 39. ....	20
Tableau 14. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 12-Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches » et les variables n° 6, 9, 13 et 21. ....	21
Tableau 15. Corrélations de Spearman ( $r_s$ ) entre la « Température moy. sol saison (°C) » et les variables n° 3, 8, 13, 14, 17, 25 et 36. ....	22

# 1 MISE EN CONTEXTE

---

Un projet portant sur la régie de l'eau dans le bleuet sauvage cultivé a été réalisé à l'Ascension-de-Notre-Seigneur et à Saint-David-de-Falardeau de 2015 à 2018 (Boivin et coll., 2019). Les résultats de ce projet n'ont pas permis d'établir de relation entre les différents régimes hydriques à l'étude et le rendement en fruits. Cela suggère donc que la culture n'a subi aucun stress hydrique conséquent à un manque d'eau. Cependant, la grande variabilité de rendement observée à l'intérieure des quatre bleuetières suivies, suggère plutôt une difficulté à établir des relations, que l'absence de relations.

Par exemple, parmi les 54 parcelles qui ont fait l'objet d'un suivi dans un site en 2018, les rendements mesurés ont varié de 874 à 11 652 lb/acre. Il y avait autant de parcelles irriguées et non irriguées qui se retrouvaient à la limite inférieure, qu'à la limite supérieure. Des facteurs, plus « puissants » que le régime hydrique explique certainement cette variation de rendement.

Cela dit, une partie de cette variabilité est probablement attribuable à la variabilité génétique qui est observée dans les bleuetières. Contrairement à la plupart des cultures commerciales, le matériel végétal utilisé n'est pas implanté et génétiquement identique, mais déjà présent avec la variabilité génétique qui caractérise une population naturelle. Toutefois, il serait surprenant que la variabilité génétique explique en totalité la variabilité des rendements. Les problèmes liés à la pollinisation ont d'ailleurs fait l'objet d'un rapport (Jesson et coll., 2014). Hormis la variabilité génétique et la pollinisation, les éléments qui composent l'environnement immédiat de la plante ont certainement une influence et il est probable qu'il soit possible d'intervenir sur certains d'entre eux.

Les résultats du projet qui s'est terminé en 2018 ont toutefois démontré que le prélèvement quotidien en eau est généralement de 50 % inférieur à la demande en évapotranspiration potentielle ou tout au plus de 2,5 mm. Un suivi a été effectué en continu en ce qui a trait au prélèvement en eau de la culture, et ce, en plusieurs points des bleuetières à l'étude à l'aide de sondes TDR. Ces mesures indiquent que, dans le contexte actuel de production, le bleuet nain est une culture avec un besoin en eau qui peut être qualifié de faible.

En absence de contrainte, le prélèvement en eau de la culture « s'ajuste » à la demande en évapotranspiration de la journée. Par exemple, une journée où la température de l'air est élevée et l'humidité relative est faible et où la vitesse du vent est élevée sera plus exigeante pour une culture. Le prélèvement moyen en eau des bleuetières à l'étude a été relié au rendement moyen de ces dernières. Ainsi, plus les prélèvements en eau étaient élevés, plus les rendements tendaient à être élevés. Cette relation pouvait aussi être établie avec le prélèvement mesuré en année de végétation. Autrement dit, il est déjà possible d'identifier le potentiel de rendement une année avant la récolte.

Le prélèvement en eau mesuré suggère aussi que le potentiel de rendement des bleuetières suivies est fort probablement plus élevé. Actuellement, de 50 % inférieur à la demande en évapotranspiration potentielle dans les bleuetières suivies, la plupart des cultures atteignent 100 % de l'évapotranspiration potentielle à leur maximum de développement. Cela ne veut pas dire que les rendements pourraient doubler, mais cela indique qu'ils auraient le potentiel d'être plus élevés.

## 2 OBJECTIFS

---

- Identifier des conditions environnementales, autres que la génétique de la plante, qui sont favorables à un prélèvement en eau de la culture qui est supérieur.
- Identifier des conditions environnementales, autres que la génétique de la plante, qui sont favorables à un rendement qui est supérieur (Nouvel Objectif).
- Les conditions environnementales identifiées, proposer des interventions pour augmenter le rendement des zones où ce dernier est plus faible.
- Consolider l'approche du « prélèvement en eau de la culture » comme un indice pour évaluer le potentiel de rendement d'une bleuetière.

### 3 CALENDRIER DE RÉALISATION

Principales étapes	Date
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sélection des 40 zones de suivies</li> <li>2. Installation des équipements de mesure               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 sondes TDR pour le suivi du prélèvement en eau de la culture</li> <li>• 10 sondes pour mesurer la température du sol</li> <li>• 1 station météorologique</li> </ul> </li> <li>3. Identifier 5 ramets par parcelle et compter le nombre de fleurs</li> <li>4. Photographier les 40 parcelles</li> </ol>	19 juin 2019
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compter les fruits verts sur les 5 ramets identifiées le 19 juin</li> <li>2. Collecter les données TDR, Température et Station météorologique               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Validation de la qualité des données</li> </ul> </li> <li>3. Photographier les 40 parcelles</li> </ol>	17 juillet 2019
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Récolter et peser les fruits</li> <li>2. Échantillonner le sol               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carottes pour l'analyse granulométrique, pH et pouvoir minéralisation</li> <li>• Cylindres pour la masse volumique apparente</li> </ul> </li> <li>3. Mesurer l'épaisseur de la couche d'humus</li> <li>4. Géolocaliser les parcelles</li> <li>5. Mesurer la hauteur du couvert végétal</li> <li>6. Échantillonner les parties aériennes (tiges et feuilles)</li> <li>7. Mesurer la résistance à la pénétration du sol</li> <li>8. Désinstaller les équipements</li> </ol>	28 août 2019
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mise en forme des données</li> <li>2. Analyses des résultats</li> <li>3. Rédaction du rapport</li> </ol>	Automne 2019 et hiver 2020

## 4 MÉTHODOLOGIE

### 4.1 SITE

Les essais terrain de ce projet ont été réalisés à l'été 2019 à la Ferme forestière Paul Grenon & Fils située à Saint-David-de-Falardeau. Un total de 40 zones ont fait l'objet d'un suivi. Les parcelles ont été sélectionnées de manière aléatoire dans une bleuetière d'une superficie d'environ 6 ha.

### 4.2 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Le 19 juin, une station météorologique complète a été installée dans le champ où les mesures ont été effectuées (Figure 3). La température et l'humidité relative de l'air (HC-S3, Rotronic), la radiation solaire (CS-300, Apogee), la vitesse et la direction du vent (05103, R.M. Young,), ainsi que la pluviométrie (TR-525M, Texas Electronics) ont pu être mesurées en continu. Les données ont été enregistrées avec un acquieseur de données (CR300, Campbell Scientific) relié à modem cellulaire (IPn3Gb, Microhard Systems). Le calcul de l'évapotranspiration potentielle ( $ET_p$ ) a été effectué à l'aide de la formule standardisée de Penman-Montheith (ASCE, 2005).

### 4.3 VARIABLES MESURÉES

#### 4.3.1 Variables ayant trait aux fleurs et aux fruits (N° 1 à 6)

Le 19 juin, cinq ramets représentatifs de la parcelle ont été sélectionnés de manière aléatoire puis ils ont été numérotés à l'aide d'un ruban fluorescent (Figure 4). Le nombre de fleurs ouvertes, non ouvertes et celles ayant perdu leur pétale ont été comptés sur ces ramets. La première variable à l'étude, présentée au (Tableau 1) est alors obtenu « **1-Nombre de fleurs au 19 juin** ».

Le 17 juillet, le nombre de fruits sur les cinq ramets, précédemment identifiés, a été compté « **2-Nombre de fruits au 17 juillet** ». Cet exercice a été effectué lorsque la plupart des fruits avaient une bonne maturité. Ainsi, le taux de mise à fruits a pu être calculé individuellement sur chaque ramet et la moyenne a été rapportée pour chaque parcelle « **3-Taux de mise à fruit au 17 juillet (%)** ».

Le 28 août, le rendement a été mesuré en récoltant manuellement l'ensemble des fruits sur une surface de 1 m<sup>2</sup>. Le poids frais en fruit a été mesuré à l'aide d'une balance (Tx4202L, Shimadzu) « **4-Poids frais en fruits au 28 août (g/m<sup>2</sup>)** ». Par la suite, les fruits ont été déshydratés à 105 °C pendant 48 h puis pesés pour en déterminer le poids et le pourcentage en matière sèche « **5-Poids sec en fruits (g/m<sup>2</sup>)** » et « **6-Matière sèche des fruits frais (%)** ».

#### 4.3.2 Variables ayant trait aux parties végétatives (N° 7 à 13)

Le 28 août, l'ensemble des parties aériennes présentes sur une surface de 1075,2 cm<sup>2</sup> a été recueilli. Cette biomasse fraîche a ensuite été pesée à l'aide d'une balance (Tx4202L, Shimadzu) « **7-Poids frais Tiges + Feuilles au 28 août (g/1075 cm<sup>2</sup>)** ». Par la suite, les tiges et les feuilles ont été dessiquées à 105 °C pendant 48 h pour en déterminer le poids et le pourcentage en matière sèche « **8-Poids sec Tiges + Feuilles (g/1075 cm<sup>2</sup>)** », « **9-Matière sèche Tiges + Feuilles (%)** ». Les feuilles ont ensuite été séparées des tiges et ont été pesées séparément « **10-Poids sec en feuilles (g/1075 cm<sup>2</sup>)** », « **11-Poids sec en tiges (g/1075 cm<sup>2</sup>)** » et « **12-Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches (%)** ». La hauteur du couvert végétal a été mesurée « **13-Hauteur couvert végétal au 28 août (cm)** ».

### 4.3.3 Coefficient cultural ( $K_c$ ) - Variable N° 14

Le suivi du statut hydrique du sol a également fait l'objet d'un suivi à l'aide de sondes TDR (CS625, Campbell Scientific) (Figure 5). Ces sondes, d'une longueur de 30 cm, ont été insérées légèrement en diagonale dans le sol afin de mesurer la teneur en eau volumique du sol en continu dans les 25 premiers cm. Ces instruments ont permis d'évaluer l'évapotranspiration de la culture ( $ET_c$ -TDR) et d'estimer des coefficients culturaux ( $K_c$ ).

La variation quotidienne de la teneur en eau volumique dans les 25 premiers cm du sol, mesurée avec les sondes TDR, a été rapportée en mm d'eau. La valeur obtenue a pu être utilisée pour évaluer l'évapotranspiration de la culture ( $ET_c$ -TDR). Pour y parvenir, la valeur mesurée à 5 h a été soustraite de la valeur mesurée à 20 h, et ce, pour chacune des sondes TDR installées. Les valeurs issues de journées où il y a eu des précipitations et celles au lendemain de ces précipitations ont été éliminées. Par la suite, ces prélèvements ( $ET_c$ -TDR) ont été mis en relation avec l'évapotranspiration potentielle quotidienne, mesurée avec la station météorologique, pour déterminer un coefficient cultural estimé ( $k_c$ ) tel que décrit par Allen et coll. (1998) « **14**- $K_c$  moyen saison ».

### 4.3.4 Variables ayant trait à la situation géographique (N° 15 à 17)

Pour chaque parcelle, les points de mesure des équipements ont été répertoriés par positionnement GPS. Ainsi, les coordonnées géographiques de chaque parcelle ont été utilisées dans l'analyse (latitude, longitude et altitude) « **15**-Latitude », « **16**-Longitude » et « **17**-Altitude ».

### 4.3.5 Variables ayant trait aux propriétés physico-chimiques du sol (N° 18 à 26)

Le 28 août, des échantillons de sol (0-30 cm) ont été prélevés dans chacune des parcelles afin de caractériser le sol. Les échantillons ont ensuite été tamisés à 2 mm puis séchés à l'air à 21 °C. La fraction des particules supérieure à 2 mm a été pesée et caractérisée comme détritiques « **18**-Détritiques sol > 2 mm (%) ». Le  $pH_{eau}$  a été mesuré dans un rapport sol/eau 1:1 (CPVQ, 1988) « **19**- $pH_{eau}$  ». Le  $pH$  tampon du sol a été déterminé en mélangeant le sol avec une solution SMP « **20**- $pH_{tampon}$  ». Le contenu en matière organique totale a été calculé selon le contenu en Ctot, déterminé au LECO, avec un facteur de conversion de 1,724 « **21**-Matière organique (%) ». La granulométrie a été déterminée par la méthode de l'hydromètre en six points, suivie d'un tamisage des sables (Gee et Bauder, 1986). La texture du sol a donc été déterminée grâce aux analyses granulométriques effectuées en laboratoire et du diagramme triangulaire des classes de texture de sols (AAC, 2002) « **22**-Sable (%) », « **23**-Limon (%) » et « **24**-Argile (%) ».

La masse volumique apparente du sol (MVA) a été mesurée pour chaque parcelle (Figure 5 et Figure 6). Pour ce faire, un volume de sol non perturbé a été prélevé à l'aide d'un cylindre métallique dont le volume était connu (horizon 2,5 à 5 po). Le sol recueilli a ensuite été séché à 105 °C pendant 48 h. Le poids du sol sec a ensuite été rapporté sur le volume du cylindre pour déterminer la masse volumique apparente du sol « **25**-Masse volumique apparente ( $g/cm^3$ ) ».

L'épaisseur de l'humus a été caractérisée pour chaque parcelle. Ainsi, l'épaisseur de la matière organique à l'exclusion de la litière de surface a été mesurée à l'aide d'une règle sur une carotte de sol d'une longueur de 30 cm « **26**-Proportion couche humus sur 30 cm (%) ».

#### 4.3.6 Pouvoir de minéralisation – Variables N° 27 à 30

Le 28 août, des échantillons de sols ont été prélevés dans les parcelles dont le numéro d'identification était impair (20 parcelles) pour évaluer le pouvoir de minéralisation du sol. Ces échantillons ont ensuite été placés en incubation à 25 °C pendant une période de 10 jours. L'extraction et la détermination de l'azote minéral (N-NH<sub>4</sub> et N-NO<sub>3</sub>), au KCl 2M au temps 0 et au 11<sup>e</sup> jour ont ensuite été effectuées. L'extraction de l'azote minéral est fournie en mg/kg « **27-N-NO<sub>3</sub>** au 28 août : Jour 0 (mg/kg) », « **28-N-NO<sub>3</sub>** au 28 août : Jour 10 (mg/kg) », « **29-N-NH<sub>4</sub>** au 28 août : Jour 0 (mg/kg) » et « **30-N-NH<sub>4</sub>** au 28 août : Jour 10 (mg/kg) ».

#### 4.3.7 Mesure de la compaction du sol – Variables N° 31 à 36

Le 28 août, un suivi de la compaction du sol a été effectué en fin de saison dans chacune des parcelles (Figure 7). Pour ce faire, des mesures ont été effectuées avec un pénétromètre (FieldScout SC 900, Spectrum Technologies) près de la zone de récolte. La résistance du sol à la pénétration, mesurée par le pénétromètre, a été rapportée pour les strates suivantes : 0-10, 10-20, 20-30, 0-20 et 0-25 cm « **31-Résistance pénétration sol moy. 0-10 cm (kPa)** », « **32-Résistance pénétration sol moy. 10-20 cm (kPa)** », « **33-Résistance pénétration sol moy. 20-30 cm (kPa)** », « **34-Résistance pénétration sol moy. 0-20 cm (kPa)** », « **35-Résistance pénétration sol moy. 0-25 cm (kPa)** » et « **36-Résistance pénétration sol valeur max. (kPa)** ».

#### 4.3.8 Température du sol – Variables N° 37 à 40

Du 20 juin au 28 août, la température du sol a été mesurée en continu à une profondeur de 5 cm dans 10 parcelles. Les sondes munies de thermistances (109, Campbell Scientific) ont été reliées à un acquiiseur de données (CR300, Campbell Scientific) qui effectuait des mesures aux 15 minutes. Ces données ont d'abord été rapportées en température moyenne du sol pour la période de mesure « **37-Température moy. sol saison (°C)** ». Une moyenne a aussi été faite avec la température minimale mesurée quotidiennement « **38-Moy. températures min. quotidiennes sol (°C)** » et aussi avec la température maximale « **39-Moy. températures max. quotidiennes sol (°C)** ». Enfin, sur une base quotidienne, l'écart entre la température maximale et minimale a été calculé et a aussi fait l'objet d'une moyenne pour les 71 jours de mesure « **40-Moy. écarts max.-min. quotidiens sol (°C)** ».

### 4.4 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique repose sur des corrélations de Spearman basées sur les rangs des observations.

## 5 RÉSULTATS

Les 40 variables qui ont été retenues pour l'analyse sont présentées au Tableau 1. Ces dernières y sont présentées selon leur numéro et leur nom. De plus, le nombre de parcelles où chacune de ces variables a pu être mesurée est indiqué, tout comme la moyenne, l'écart-type, la médiane, la valeur minimale et la valeur maximale des mesures obtenues.

**Tableau 1.** Numéro et nom de la variable considérée, nombre de parcelles où cette dernière est disponible et statistiques simples.

N° et nom de la variable		NB	Moyenne	Éc-type	Médiane	Min.	Max.
1	Nombre de fleurs au 19 juin (5 ramets)	39	141,2	56,3	128	64	321
2	Nombre de fruits au 17 juillet (5 ramets)	39	79,3	31,3	72	29	151
3	Taux de mise à fruit au 17 juillet (%)	40	54,4	12,2	55,2	34,0	73,9
4	Poids frais en fruits au 28 août (g/m <sup>2</sup> )	40	426,2	195,0	387,6	126,8	965,3
5	Poids sec en fruits (g/m <sup>2</sup> )	40	61,7	26,9	58,4	21,5	121,6
6	Matière sèche des fruits (%)	40	14,7	1,0	14,7	12,4	17,0
7	Poids frais Tiges + Feuilles au 28 août (g/1075 cm <sup>2</sup> )	39	89,2	30,1	86,9	29,8	144,8
8	Poids sec Tiges + Feuilles (g/1075 cm <sup>2</sup> )	39	40,5	12,9	39,3	14,4	65,1
9	Matière sèche Tiges + Feuilles (%)	39	45,8	1,8	45,3	42,2	51,2
10	Poids sec en feuilles (g/1075 cm <sup>2</sup> )	39	17,7	7,1	17,2	4,4	33,1
11	Poids sec en tiges (g/1075 cm <sup>2</sup> )	39	22,8	6,6	22,4	8,2	35,7
12	Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches (%)	39	76,4	21,2	74,6	34,9	136,2
13	Hauteur du couvert végétal (cm)	39	22,7	4,0	23,0	15,0	30,0
14	K <sub>c</sub> moyen saison	40	0,57	0,12	0,56	0,33	0,84
15	Latitude	40	-	-	-	48,63324	48,63521
16	Longitude	40	-	-	-	-71,15691	-71,15355
17	Altitude (m)	40	190	5	189	180	206
18	Détritus sol > 2mm (%)	39	3,7	1,5	3,8	0,8	6,7
19	pH <sub>eau</sub>	39	5,3	0,2	5,3	4,8	5,6
20	pH <sub>tampon</sub>	39	5,4	0,3	5,4	4,4	5,9
21	Matière organique (%)	38	9,5	2,2	9,3	5,2	14,3
22	Sable (%)	39	80,2	4,8	79,0	68,0	91,0
23	Limon (%)	39	11,1	4,1	12,0	3,0	19,0
24	Argile (%)	39	8,7	2,9	9,0	4,0	15,0
25	Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )	40	0,74	0,24	0,73	0,25	1,49
26	Proportion couche humus sur 30 cm (%)	36	29,8	11,0	25,0	15	50
27	N-NO <sub>3</sub> Jour 0 (mg/kg)	20	0,013	0,032	0,002	0	0,145
28	N-NO <sub>3</sub> Jour 10 (mg/kg)	20	0,030	0,039	0,022	0	0,131
29	N-NH <sub>4</sub> Jour 0 (mg/kg)	20	0,216	0,053	0,213	0,138	0,302
30	N-NH <sub>4</sub> Jour 10 (mg/kg)	20	0,457	0,110	0,435	0,328	0,782
31	Résistance pénétration sol moy. 0-10 cm (kPa)	40	1361	396	1303	754	2580
32	Résistance pénétration sol moy. 10-20 cm (kPa)	40	2530	663	2313	1430	4512
33	Résistance pénétration sol moy. 20-30 cm (kPa)	35	3292	982	3289	1430	5828
34	Résistance pénétration sol moy. 0-20 cm (kPa)	40	1935	438	1890	1149	3224
35	Résistance pénétration sol moy. 0-25 cm (kPa)	40	2116	443	2043	1249	3224
36	Résistance pénétration sol valeur max. (kPa)	40	4186	1021	4196	2212	5898
37	Température moy. sol saison (°C)	10	18,0	0,68	18,2	16,9	18,8
38	Moy. températures min. quotidiennes sol (°C)	10	15,6	0,64	15,7	14,8	16,4
39	Moy. températures max. quotidiennes sol (°C)	10	20,7	1,48	20,4	18,3	23,5
40	Moy. écarts max.-min. quotidiens sol (°C)	10	5,1	1,65	4,9	2,8	8,7

## 5.1 FLEURS, FRUITS, MISE À FRUIT ET RENDEMENT

Les résultats sont d'abord présentés selon les variables qui sont en relation avec le « 1-Nombre de fleurs au 19 juin », le « 2-Nombre de fruits au 17 juillet », le « 3-Taux de mise à fruit au 17 juillet » et le « 4-Poids frais en fruits au 28 août ».

En ce qui a trait nombre de fleurs au 19 juin, ce dernier a été plus élevé dans les parcelles où le poids en biomasse aérienne et le contenu du sol en N-NO<sub>3</sub> (après 10 jours en incubation) et en N-NH<sub>4</sub>, ont été plus élevés (Tableau 2). Enfin, la résistance du sol à la pénétration y était plus faible.

**Tableau 2.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 1-Nombre de fleurs au 19 juin » et les variables n° 2, 7, 8, 10, 11, 28, 29 et 35.

		1	Nombre de fleurs au 19 juin, est plus élevé :	
2	Nombre de fruits au 17 juillet	$r_s$	0,86	Lorsque le nombre de fruits au 17 juillet a été plus élevé.
		$p$	<0,0001	
7, 8 10, 11	« Biomasse aérienne »	$r_s$	0,21 à 0,25	Lorsque le poids en biomasse aérienne a été plus élevé.
		$p$	0,13 à 0,19	
28	N-NO <sub>3</sub> Jour 10 (mg/kg)	$r_s$	0,56	Où le contenu du sol en N-NO <sub>3</sub> après 10 jours d'incubation a été plus élevé.
		$p$	0,0100	
29	N-NH <sub>4</sub> Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	0,40	Où le contenu du sol en N-NH <sub>4</sub> au 28 août a été est plus élevé.
		$p$	0,0831	
35	Résistance pénétration sol moy. 0-25 cm (kPa)	$r_s$	-0,25	Où la résistance du sol à la pénétration a été plus faible dans le 0-25 cm.
		$p$	0,1323	

Plus le nombre de fleurs au 19 juin a été élevé dans une parcelle, plus le nombre de fruits et le taux de mise à fruits au 17 juillet l'ont été aussi (Tableau 3). Le  $K_c$  a été plus faible dans les parcelles où le rendement a été le plus élevé. De plus, la couche d'humus tend à être plus mince dans les parcelles où le nombre de fruits est plus élevé. Tout comme pour le nombre de fleurs, le nombre de fruits a été plus élevé dans les parcelles où le contenu du sol en  $N-NO_3$  (après 10 jours en incubation) et en  $N-NH_4$ , a été plus élevé et où la résistance du sol à la pénétration y a été plus faible.

**Tableau 3.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 2-Nombre de fruits au 17 juillet » et les variables n° 1, 3, 14, 25, 28 et 29 et 35.

		2	Nombre de fruits au 17 juillet, a été plus élevé :	
1	Nombre de fleurs au 19 juin	$r_s$	0,86	Quand le nombre de fleurs a été plus élevé.
		$p$	<0,0001	
3	Taux de mise à fruit au 17 juillet	$r_s$	0,45	Lorsque le taux de mise à fruits a été plus élevé.
		$p$	0,0040	
14	$K_c$ moyen saison	$r_s$	-0,32	Lorsque le $K_c$ moyen de la saison a été plus faible.
		$p$	0,0472	
25	Proportion couche humus (%)	$r_s$	-0,21	Lorsque la couche d'humus tend à être plus mince
		$p$	0,2271	
28	$N-NO_3$ Jour 10 (mg/kg)	$r_s$	0,52	Où le contenu du sol en $N-NO_3$ après 10 d'incubation a été plus élevé.
		$p$	0,0187	
29	$N-NH_4$ Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	0,52	Où le $N-NH_4$ au 28 août a été plus élevé.
		$p$	0,0176	
35	Résistance pénétration sol moy. 0-25 cm (kPa)	$r_s$	-0,29	Où la résistance du sol à la pénétration a été plus faible dans le 0-25 cm.
		$p$	0,0733	

Un poids en biomasse aérienne plus élevé (variables N° 7, 8, 10, 11 et 13) est corrélé avec un taux de mise à fruits plus bas (Tableau 4), mais il ne l'est pas avec le nombre de fleurs (Tableau 2). En effet, qu'il s'agisse du poids frais ou sec de la biomasse aérienne totale ou séparée en feuilles et tiges, le taux de mise à fruit a été plus élevé dans les parcelles où la biomasse a été la plus faible. Même constat du côté de la hauteur du couvert végétal, où elle est plus basse lorsque le taux de mise à fruits est plus élevé.

Comme pour le nombre de fleurs et de fruits, les valeurs les plus élevées de taux de mise à fruits ont été observées dans les parcelles avec un  $K_c$  plus faible. De plus, un taux de mise à fruits plus élevé est corrélé avec les parcelles situées dans les parties les plus basses de la bleuétière. La masse volumique apparente du sol et son contenu en  $N-NH_4$  au 28 août y étaient plus élevés. Enfin, la température du sol tend à atteindre un maximum quotidien plus élevé.

**Tableau 4.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 3-Taux de mise à fruits au 17 juillet » et les variables n° 2, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17, 25, 29 et 39.

		3	Taux de mise à fruit au 17 juillet a été plus élevé :	
2	Nombre de fruits au 19 juin	$r_s$	0,45	Quand le nombre de fruits a été plus élevé.
		$p$	0,0040	
7	Poids frais Tiges + Feuilles au 28 août (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,36	Quand le poids frais en biomasse aérienne a été plus faible.
		$p$	0,0250	
8	Poids sec Tiges + Feuilles (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,38	Quand le poids sec en biomasse aérienne a été plus faible.
		$p$	0,0175	
10	Poids sec en feuilles (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,30	Quand le poids sec en feuilles a été plus faible.
		$p$	0,0611	
11	Poids sec en tiges (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,45	Quand le poids sec en tiges a été plus faible.
		$p$	0,0037	
13	Hauteur couvert végétal (cm)	$r_s$	-0,28	Quand la hauteur du couvert végétal a été plus basse.
		$p$	0,0901	
14	$K_c$ moyen saison	$r_s$	-0,32	Quand le $K_c$ moyen de la saison a été plus faible.
		$p$	0,0462	
17	Altitude (m)	$r_s$	-0,23	Où les parties les plus basses du champ.
		$p$	0,1497	
25	Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )	$r_s$	0,26	Où la masse volumique apparente du sol a été plus élevée.
		$p$	0,1056	
29	N-NH <sub>4</sub> Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	0,48	Où le N-NH <sub>4</sub> au 28 août a été plus élevé.
		$p$	0,0330	
39	Moy. températures max. quotidiennes sol (°C)	$r_s$	0,41	Lorsque la température du sol tend à atteindre un max. quotidien plus élevé.
		$p$	0,2443	

En plus d'être en relation avec un taux de mise à fruit plus faible, une biomasse aérienne plus élevée (variables N° 7, 8, 10, 11 et 13), est reliée à un poids en fruits récoltés plus faible (Tableau 5). D'autant plus qu'aucune relation n'a été observée entre un taux de mise à fruits plus faible et un poids en fruits récoltés plus faible. De plus, qu'il s'agisse du poids frais ou sec de la biomasse aérienne totale ou séparée en feuilles et tiges, le poids frais en fruits a été plus élevé dans les parcelles où la biomasse a été la plus faible. Même constat du côté du couvert végétal où les hauteurs les plus basses ont été mesurées dans les parcelles où le rendement en fruits a été le plus élevé. Toutefois, un ratio Feuilles/Tiges (base sèche) en faveur d'un poids plus élevé en tiges est corrélé avec un rendement en fruits plus élevé.

Un poids frais en fruits plus élevé a été mesuré dans les parcelles situées dans les parties les plus basses de la bleuétière et en latitude plus élevée. De plus, les parcelles dont le sol a un pH plus élevé, un taux de matière organique plus faible, une masse volumique apparente plus élevée, une température moyenne plus élevée et où les écarts de températures sont les plus importants, sont corrélées avec un poids frais en fruits plus élevé.

**Tableau 5.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 4-Poids en fruits frais au 28 août » et les variables n° 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 21, 25, 37, 39 et 40.

		4	Poids frais en fruits au 28 août, a été plus élevé :
7	Poids frais Tiges + Feuilles au 28 août (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,45
		$p$	0,0042
8	Poids sec Tiges + Feuilles (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,44
		$p$	0,0049
10	Poids sec en feuilles (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,46
		$p$	0,0611
11	Poids sec en tiges (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,36
		$p$	0,0037
12	Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches (%)	$r_s$	-0,37
		$p$	0,0204
13	Hauteur couvert végétal (cm)	$r_s$	-0,35
		$p$	0,0291
15	Latitude	$r_s$	0,36
		$p$	0,0238
17	Altitude (m)	$r_s$	-0,45
		$p$	0,0032
19	pH <sub>eau</sub>	$r_s$	0,24
		$p$	0,1464
21	Matière organique (%)	$r_s$	-0,29
		$p$	0,0812
25	Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )	$r_s$	0,27
		$p$	0,0968
37	Température moy. sol saison (°C)	$r_s$	0,87
		$p$	0,0025
39	Moy. températures max. quotidiennes sol (°C)	$r_s$	0,93
		$p$	0,0002
40	Moy. écarts max.-min. quotidiens sol (°C)	$r_s$	0,77
		$p$	0,0159

## 5.2 VARIABLE « CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL » ET VARIABLE « RÉPONSE »

Les 15 variables présentées au Tableau 5 sont corrélées avec le poids frais en fruits au 28 août. Maintenant, ces variables peuvent être regroupées dans deux catégories, où la première permet de décrire un contexte environnemental et où la seconde est une réponse de la bleuetière à ce contexte.

Catégorie 1 : les variables qui servent à décrire un contexte environnemental et qui sont corrélées<sup>1</sup> avec le rendement en fruits sont :

- 15-Latitude (Tableau 6);
- 17-Altitude (Tableau 7);
- 21-Matière organique (Tableau 8);
- 19-pH<sub>eau</sub> (Tableau 9);
- 25-Masse volumique apparente (Tableau 10);
- 26-Proportion couche humus (Tableau 11).

Catégorie 2 : les variables réponses permettent de mesurer l'influence de l'environnement sur la bleuetière. Ces variables sont :

- 13-Hauteur du couvert végétal (Tableau 12);
- 8-Poids sec Tiges + Feuilles\* (Tableau 13);
- 12-Ratio Feuille sèches/Tiges sèches (Tableau 14);
- 37-Température moy. sol saison et/ou 39-Moy. températures max. quotidiennes sol (Tableau 15).

\*Généralement, lorsque la variable n° 8 est corrélée avec une autre, les variables « sœurs » : « 7-Poids frais Tiges + Feuilles au 28 août (g/1075 cm<sup>2</sup>) », « 10-Poids sec en feuilles (g/1075 cm<sup>2</sup>) » et « 11-Poids sec en tiges (g/1075 cm<sup>2</sup>) » sont aussi corrélées avec l'autre variable. Pour alléger le (Tableau 13), seule la n° 8 a été retenue.

---

<sup>1</sup> La variable « 26-Proportion couche humus » n'est pas corrélée avec le rendement en fruits.

### 5.2.1 Variables qui sont corrélées avec un « contexte environnemental » favorable à un poids en fruits plus élevé

Un poids frais en fruits plus élevé a été corrélé avec : une latitude élevée, une altitude basse, un taux de matière organique plus bas, un pH plus élevé et un sol avec une masse volumique apparente plus élevée. L'idée est maintenant de s'intéresser aux variables qui sont corrélées avec les variables « contexte environnemental ».

#### 5.2.1.1 Variables corrélées avec une latitude plus élevée

La réponse des parcelles situées à une latitude plus élevée a été un poids frais en fruits au 28 août plus élevé (Tableau 5) et des fruits au contenu en matière sèche, une biomasse aérienne et un prélèvement en eau ( $K_c$ ) qui ont tous été plus faibles (Tableau 6).

Plusieurs de ces parcelles étaient situées dans les parties plus basses de la bleuétière. Le sol contenait une proportion en détritiques et un taux en matière organique qui étaient plus faibles. De plus, la proportion qu'occupe le sable dans ce sol est plus élevée et le contenu en  $N-NO_3$ , après 10 jours d'incubation, est plus faible.

**Tableau 6.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 15-Latitude » et les variables n° 6, 8, 14, 17, 18, 21, 22, 23, 24 et 28.

		15	Lorsque la parcelle était située à une latitude plus élevée :
6	Matière sèche des fruits (%)	$r_s$	-0,36
		$p$	0,0228
8	Poids sec Tiges + Feuilles (g/1075 cm <sup>2</sup> )	$r_s$	-0,52
		$p$	0,0007
14	$K_c$ moyen saison	$r_s$	-0,32
		$p$	0,0418
17	Altitude (m)	$r_s$	-0,28
		$p$	0,0748
18	Détritiques sol > 2mm (%)	$r_s$	-0,34
		$p$	0,0358
21	Matière organique (%)	$r_s$	-0,37
		$p$	0,0241
22	Sable (%)	$r_s$	0,40
		$p$	0,0115
23	Limon (%)	$r_s$	-0,40
		$p$	0,0115
24	Argile (%)	$r_s$	-0,45
		$p$	0,004
28	$N-NO_3$ Jour 10 (mg/kg)	$r_s$	-0,63
		$p$	0,0029

### 5.2.1.2 Variables corrélées avec une altitude plus élevée

La réponse des parcelles situées dans les parties les plus basses est d'abord un poids frais en fruits au 28 août plus élevé (Tableau 5). Par ailleurs, la température du sol tendait à atteindre des maximums quotidiens qui étaient plus élevés et des écarts quotidiens de températures qui étaient plus marqués (Tableau 7).

Plusieurs de ces parcelles étaient situées à une latitude plus élevée. Le sol avait généralement une masse volumique plus élevée et contenait une proportion en détritux et un taux en matière organique qui étaient plus faibles. De plus, la proportion qu'occupe le sable dans le sol et le contenu en N-NH<sub>4</sub> au 28 août étaient plus élevés.

**Tableau 7.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 17-Altitude » et les variables n° 15, 18, 21, 22, 23, 25, 29, 37 et 39.

		17	Lorsque l'altitude était plus basse :	
15	Latitude	$r_s$	-0,29	La latitude était plus élevée.
		$p$	0,0748	
18	Détritux sol > 2mm (%)	$r_s$	0,26	La proportion de détritux était plus faible.
		$p$	0,1081	
21	Matière organique (%)	$r_s$	0,30	Le taux de matière organique était plus faible.
		$p$	0,0723	
22	Sable (%)	$r_s$	-0,35	La proportion de sable était plus élevée.
		$p$	0,0280	
23	Limon (%)	$r_s$	0,39	La proportion de limon était plus faible.
		$p$	0,0159	
25	Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )	$r_s$	-0,31	La masse volumique apparente était plus élevée.
		$p$	0,0484	
29	N-NH <sub>4</sub> Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	-0,43	Le contenu du sol en N-NH <sub>4</sub> au jour 0 a été plus élevé.
		$p$	0,0567	
37	Température moy. sol saison (°C)	$r_s$	-0,41	La température moyenne du sol tendait à être plus élevée.
		$p$	0,2443	
39	Moy. températures max. quotidiennes sol (°C)	$r_s$	-0,41	La température du sol tendait à atteindre un maximum quotidien plus élevé.
		$p$	0,2443	

### 5.2.1.3 Variables corrélées avec un sol où le taux de matière organique est plus élevé

La réponse des parcelles situées aux endroits où le taux de matière organique était plus faible est un poids frais en fruits au 28 août qui était plus élevé (Tableau 5), un poids en biomasse aérienne plus faible et un ratio Feuilles/Tiges qui était en faveur des tiges (Tableau 8).

Plusieurs de ces parcelles étaient situées à une latitude plus élevée et dans les secteurs les plus bas du champ. Le sol contenait une proportion plus faible en détritiques et le pH y était plus élevé. De plus, la proportion qu'occupe le sable dans ce sol et le contenu en N-NH<sub>4</sub>, au moment de l'échantillonnage (28 août), sont plus élevés.

**Tableau 8.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 21-Taux de matière organique » et les variables n° 9, 12, 15, 17, 18, 19, 22, 24, 26 et 29.

		21	Taux matière organique était plus bas quand :	
9	Matière sèche Tiges + Feuilles (%)	$r_s$	0,32	Le taux de matière sèche des parties aérienne a été plus faible.
		$p$	0,0505	
12	Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches (%)	$r_s$	0,30	Le ratio Feuilles/Tiges a été en faveur des tiges.
		$p$	0,0760	
15	Latitude	$r_s$	-0,37	La latitude était plus élevée.
		$p$	0,0241	
17	Altitude (m)	$r_s$	0,30	L'altitude était plus basse.
		$p$	0,0723	
18	Détritiques sol > 2mm (%)	$r_s$	0,32	La proportion de détritiques dans le sol était plus faible.
		$p$	0,0492	
19	pH <sub>eau</sub>	$r_s$	-0,68	Le pH était plus élevé.
		$p$	<,0001	
22	Sable (%)	$r_s$	-0,45	La proportion de sable était plus élevée.
		$p$	0,0049	
24	Argile (%)	$r_s$	0,45	La proportion d'argile était plus faible.
		$p$	0,0050	
26	Proportion couche humus (%)	$r_s$	0,30	La couche d'humus était plus mince.
		$p$	0,0798	
29	N-NH <sub>4</sub> Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	-0,55	Le contenu du sol en N-NH <sub>4</sub> au 28 août était plus élevée.
		$p$	0,0150	

#### 5.2.1.4 Variables corrélées avec un sol au pH plus élevé

La réponse des parcelles situées aux endroits où le pH était plus élevé est un poids frais en fruits au 28 août qui est plus élevé (Tableau 5).

Plusieurs de ces parcelles étaient situées dans des endroits où le taux de matière organique du sol et la couche d'humus en surface étaient plus faibles (Tableau 9). De plus, la résistance du sol à la pénétration était plus élevée dans les 10 premiers centimètres de sol. Enfin, le contenu du sol en N-NO<sub>3</sub> au moment de l'échantillonnage (28 août) et après 10 jours en incubation était plus élevé.

**Tableau 9.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 19-pH<sub>eau</sub> » et les variables n° 21, 26, 27, 28 et 31.

		19	pH <sub>eau</sub> était plus élevé quand :	
21	Matière organique (%)	$r_s$	-0,68	Le taux de matière organique était plus faible.
		$p$	<,0001	
26	Proportion couche humus (%)	$r_s$	-0,31	La couche d'humus en surface était plus faible.
		$p$	0,0625	
27	N-NO <sub>3</sub> Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	0,49	Le contenu en N-NO <sub>3</sub> du sol était plus élevé au 28 août.
		$p$	0,0295	
28	N-NO <sub>3</sub> Jour 10 (mg/kg)	$r_s$	0,38	Le contenu en N-NO <sub>3</sub> du sol était plus élevé après une incubation de 10 jours.
		$p$	0,1079	
31	Résistance pénétration sol moy. 0-10 cm (kPa)	$r_s$	0,24	La résistance du sol à la pénétration dans la strate 0-10 cm était plus élevée.
		$p$	0,1482	

## 5.2.2 Variables corrélées avec un sol dont la masse volumique apparente est plus élevée

La réponse des parcelles situées aux endroits où la masse volumique apparente du sol était plus élevée est un taux de mise à fruit et un poids frais en fruits au 28 août qui étaient plus élevés (Tableau 5).

Plusieurs de ces parcelles étaient situées dans les endroits les plus bas de la bleuetière (Tableau 10). La proportion qu'occupe le sable dans ce sol et le contenu en N-NH<sub>4</sub>, au 28 août et après 10 jours en incubation ont été plus élevés. Enfin, la température moyenne du sol et le maximum atteint quotidiennement étaient plus élevés.

**Tableau 10.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 25-Masse volumique apparente » et les variables n° 3, 17, 22, 23, 26, 29, 30, 31, 37 et 39.

		25	Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> ) était plus élevée dans les parcelles où :	
3	Taux de mise à fruits au 17 juillet	$r_s$	0,26	Le taux de mise à fruit a été plus élevé
		$p$	0,1056	
17	Altitude (m)	$r_s$	-0,31	L'altitude était plus basse.
		$p$	0,0484	
22	Sable (%)	$r_s$	0,26	La proportion de sable était plus élevée.
		$p$	0,1054	
23	Limon (%)	$r_s$	-0,27	La proportion de limon était plus faible.
		$p$	0,1001	
26	Proportion couche humus (%)	$r_s$	-0,33	La couche d'humus en surface était plus faible.
		$p$	0,0501	
29	N-NH <sub>4</sub> Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	0,34	Le N-NH <sub>4</sub> au 28 août a été plus élevé.
		$p$	0,1371	
30	N-NH <sub>4</sub> Jour 10 (mg/kg)	$r_s$	0,37	Le contenu du sol en N-NH <sub>4</sub> après 10 jours d'incubation a été plus élevé.
		$p$	0,1038	
31	Résistance pénétration sol moy. 0-10 cm (kPa)	$r_s$	0,24	La résistance du sol à la pénétration a été plus élevée dans les 10 premiers cm.
		$p$	0,1412	
37	Température moy. sol saison (°C)	$r_s$	0,62	La température moyenne du sol a été plus élevée.
		$p$	0,0537	
39	Moy. températures max. quotidiennes sol (°C)	$r_s$	0,56	La température du sol a atteint un maximum quotidien plus élevé.
		$p$	0,0897	

### 5.2.3 Variables corrélées avec un sol dont la couche d'humus en surface est plus faible

La réponse des parcelles situées aux endroits où la couche d'humus en surface était plus faible est un nombre de fruits qui tendait à être plus élevé.

Plusieurs de ces parcelles avaient un sol dont le pH et la masse volumique apparente étaient plus élevés (Tableau 11). De plus le taux de matière organique était plus faible. Enfin, le pouvoir de minéralisation du sol y était plus élevé.

**Tableau 11.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 26-Proportion couche humus » et les variables n° 2, 19, 21, 25, 28 et 30.

		26	Lorsque la « Proportion couche humus (%) » était plus faible :	
2	Nombre de fruits au 17 juillet	$r_s$	-0,21	Le nombre de fruits tendait à être plus élevé.
		$p$	0,2271	
19	pH <sub>eau</sub>	$r_s$	-0,31	Le pH était plus élevé.
		$p$	0,0625	
21	Matière organique (%)	$r_s$	0,30	Le taux de matière organique était plus faible
		$p$	0,0798	
25	Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )	$r_s$	-0,33	La masse volumique apparente du sol était plus élevée.
		$p$	0,0501	
28	N-NO <sub>3</sub> Jour 10 (mg/kg)	$r_s$	-0,62	Le contenu du sol en N-NO <sub>3</sub> après 10 jours d'incubation était plus élevé.
		$p$	0,0044	
30	N-NH <sub>4</sub> Jour 10 (mg/kg)	$r_s$	-0,33	Le contenu du sol en N-NH <sub>4</sub> après 10 jours d'incubation tendait à être plus élevé.
		$p$	0,1701	

### 5.3 VARIABLES QUI SONT CORRÉLÉES AVEC UNE « RÉPONSE » FAVORABLE À UN POIDS EN FRUITS PLUS ÉLEVÉ

Une hauteur du couvert végétal et un poids en biomasse aérienne plus faible, un ratio Feuille/Tiges où le poids en tige est supérieur et une température de sol plus élevée sont des réponses de la bleuëtière qui sont corrélées avec un poids frais en fruits plus élevé (Tableau 5). L'idée est maintenant de s'intéresser aux variables qui sont corrélées avec chacune de ces quatre variables « réponses » de la bleuëtière.

#### 5.3.1 Variables corrélées avec une hauteur de couvert végétal plus basse

Les parcelles où a été mesuré un poids frais en fruits au 28 août plus élevé (Tableau 5) sont aussi celles où la hauteur du couvert végétal et la proportion de matière sèche des fruits a été la plus basse (Tableau 12). De plus, le ratio Feuilles/Tiges y indiquait un poids supérieur en tiges et le prélèvement en eau ( $K_c$ ) était plus faible.

La résistance du sol à la pénétration était plus faible et ces parcelles étaient davantage situées en latitude plus élevée. Enfin, la température moyenne du sol tendait à y être plus élevée et les minimums atteints étaient plus hauts.

**Tableau 12.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre la « 13-Hauteur couvert végétal » et les variables n° 3, 6, 12, 14, 15, 32, 33, 35, 37 et 38.

		13	Hauteur du couvert végétal (cm) a été plus basse dans les parcelles où :	
3	Taux de mise à fruit au 17 juillet (%)	$r_s$	-0,28	Le taux de mise à fruit a été plus élevé.
		$p$	0,0901	
6	Matière sèche des fruits (%)	$r_s$	0,61	La proportion de matière sèche des fruits a été plus basse.
		$p$	<,0001	
12	Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches (%)	$r_s$	0,37	Le ratio Feuilles/Tiges indiquait un poids supérieur en tiges.
		$p$	0,0240	
14	$K_c$ moyen saison	$r_s$	0,34	Le $K_c$ moyen a été plus faible.
		$p$	0,0314	
15	Latitude	$r_s$	-0,23	La latitude était plus élevée.
		$p$	0,1616	
32	Résistance pénétration sol moy. 10-20 cm (kPa)	$r_s$	0,22	La résistance du sol à la pénétration était plus faible dans la strate 10-20 cm.
		$p$	0,1863	
33	Résistance pénétration sol moy. 20-30 cm (kPa)	$r_s$	0,37	La résistance du sol à la pénétration était plus faible dans la strate 20-30 cm.
		$p$	0,0336	
35	Résistance pénétration sol moy. 0-25 cm (kPa)	$r_s$	0,23	La résistance du sol à la pénétration était plus faible dans les 25 premiers cm.
		$p$	0,1552	
37	Température moy. sol saison (°C)	$r_s$	-0,49	La température du sol tendait à être plus élevée.
		$p$	0,1542	
38	Moy. températures min. quotidiennes sol (°C)	$r_s$	-0,60	La température minimale du sol atteinte quotidiennement est plus haute.
		$p$	0,0649	

### 5.3.2 Variables corrélées avec une biomasse aérienne plus faible

Les parcelles où a été mesuré un poids frais en fruits au 28 août plus élevé (Tableau 5) sont aussi celles où le poids en biomasse aérienne et la hauteur du couvert végétal ont été les plus faibles. Dans ces mêmes parcelles, le taux de mise à fruit a été plus élevé et le ratio Feuilles/Tiges indiquait un poids plus élevé en tiges (Tableau 13). De plus, les prélèvements en eau ( $K_c$ ) y ont été les plus faibles.

Ces parcelles étaient généralement situées à une latitude plus élevée. Le taux de matière organique du sol était plus faible et le contenu en N-NO<sub>3</sub> au 28 août était plus élevé. Enfin, les températures maximale et minimale du sol atteintes quotidiennement étaient plus élevées.

**Tableau 13.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 8-Poids sec Tiges + Feuilles (g) et les variables n° 3, 12, 13, 14, 15, 21, 27, 37, 38 et 39.

		8	Poids sec Tiges + Feuilles (g) a été plus faible dans les parcelles où :	
3	Taux de mise à fruit au 17 juillet (%)	$r_s$	-0,38	Le taux de mise à fruit a été plus élevé.
		$p$	0,0175	
12	Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches (%)	$r_s$	0,51	Le ration Feuilles/Tiges a indiqué un poids plus élevé en tiges.
		$p$	0,0009	
13	Hauteur couvert végétal (cm)	$r_s$	0,65	La hauteur du couvert végétal a été plus basse.
		$p$	<,0001	
14	$K_c$ moyen saison	$r_s$	0,40	Le $K_c$ moyen de la saison a été plus faible.
		$p$	0,0121	
15	Latitude	$r_s$	-0,52	La latitude était plus élevée.
		$p$	0,0007	
21	Matière organique (%)	$r_s$	0,32	Le taux de matière organique a été plus faible.
		$p$	0,0505	
27	N-NO <sub>3</sub> Jour 0 (mg/kg)	$r_s$	-0,34	Le contenu du sol en N-NO <sub>3</sub> au 28 août a été plus élevé.
		$p$	0,1476	
37	Température moy. sol saison (°C)	$r_s$	-0,73	La température moyenne du sol a été plus élevée.
		$p$	0,0158	
38	Moy. températures min. quotidiennes sol (°C)	$r_s$	-0,60	La température minimale du sol atteinte quotidiennement a été plus élevée.
		$p$	0,0667	
39	Moy. températures max. quotidiennes sol (°C)	$r_s$	-0,59	La température maximale du sol atteinte quotidiennement a été plus élevée.
		$p$	0,0739	

### 5.3.3 Variables corrélées avec un ratio Feuilles/Tiges en faveur d'un poids supérieur en tiges

Un ratio Feuilles sèches/Tiges où le poids en tiges est supérieur à celui des feuilles est corrélé avec un poids frais en fruits au 28 août plus élevé (Tableau 5). Dans ces parcelles, la hauteur du couvert végétal et la proportion en matière sèche des fruits ont été plus faibles (Tableau 14), alors que la proportion en matière sèche de la biomasse aérienne a été plus élevée. Enfin, le taux de matière organique du sol tendait à être plus faible.

**Tableau 14.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre le « 12-Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches » et les variables n° 6, 9, 13 et 21.

		12	Ratio Feuilles sèches/Tiges sèches est en faveur d'un poids plus élevé en tiges a été mesuré quand :	
6	Matière sèche des fruits (%)	$r_s$	0,47	La proportion de matière sèche des fruits a été plus faible.
		$p$	0,0028	
9	Matière sèche Tiges + Feuilles (%)	$r_s$	-0,68	La proportion de matière sèche des Tiges + Feuille a été plus élevée.
		$p$	<,0001	
13	Hauteur couvert végétal (cm)	$r_s$	0,37	La hauteur du couvert végétal a été plus basse.
		$p$	0,0240	
21	Matière organique (%)	$r_s$	0,23	Le taux de matière organique du sol tend à être plus faible.
		$p$	0,1800	

### 5.3.4 Variables corrélées avec un sol propice au réchauffement

Un sol avec une température moyenne et où les maximums atteints quotidiennement ont été plus élevés et où les écarts mesurés ont été plus grands est corrélé avec un poids frais en fruits au 28 août plus élevé (Tableau 5). Dans ces parcelles, le taux de mise à fruits tend à être plus élevé, alors que la biomasse aérienne et la hauteur du couvert végétal ont été plus faibles (Tableau 15). Le prélèvement en eau a été plus faible ( $K_c$  plus petit).

Ces parcelles tendent à être situées dans les parties les plus élevées. De plus, la masse volumique du sol était plus élevée, mais la résistance de ce dernier à la pénétration était plus faible.

**Tableau 15.** Corrélation de Spearman ( $r_s$ ) entre la « Température moy. sol saison (°C) » et les variables n° 3, 8, 13, 14, 17, 25 et 36.

		37 39	Moy max	Un sol qui était propice au réchauffement s'accompagnait généralement :	
3	Taux de mise à fruit au 17 juillet (%)	39	$r_s$ $p$	0,41 0,2443	D'une tendance à un taux de mise à fruit plus élevé.
8	Poids sec Tiges + Feuilles (g/1075 m <sup>2</sup> )*	37	$r_s$ $p$	-0,73 0,0158	D'un poids en biomasse aérienne plus faible. (39)*
13	Hauteur couvert végétal (cm)	37	$r_s$ $p$	-0,49 0,1542	D'une hauteur de couvert végétal plus basse.
14	$K_c$ moyen saison	37	$r_s$ $p$	-0,61 0,0600	D'un $K_c$ plus faible. (39)
17	Altitude (m)	37	$r_s$ $p$	-0,41 0,2443	D'une parcelle qui tend à être située dans une section plus basse. (39)
25	Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )	37	$r_s$ $p$	0,62 0,0537	D'un sol avec une masse volumique apparente plus élevée. (39)
36	Résistance pénétration sol valeur max. (kPa)	37	$r_s$ $p$	-0,68 0,0289	D'une résistance à la pénétration plus faible. (39)

\*Les valeurs de  $r_s$  et  $p$  se réfèrent au n° de variable indiquée dans la colonne qui les précèdent (37 ou 39). Si ces deux variables sont corrélées avec la variable considérée (3, 8, 13, 14, 17, 25 et 36) elle est ajoutée entre parenthèses.

## 6 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET CONCLUSION

Le nombre de fleurs sur 5 ramets varie entre 64 et 321 pour les 39 parcelles où cette donnée est disponible. De plus, le nombre de fruits sur ces mêmes ramets varie entre 29 et 151 (Tableau 1). Ceci dit, un nombre plus élevé de fleurs au 19 juin et de fruits au 17 juillet est corrélé avec un contenu du sol en  $N-NH_4$  au 28 août et en  $N-NO_3$  (après 10 jours en incubation), qui est plus élevé (Tableau 2 et Tableau 3). Comme le nombre de fleurs a été déterminé la saison qui précède celle de la production, il serait surprenant que le contenu en  $N-NH_4$  et en  $N-NO_3$ , qui a été mesuré en année de production, puisse avoir influencé ces deux variables. Nous posons donc l'hypothèse suivante :

1. Les conditions de sol favorables à la minéralisation de l'azote, mesurées en saison de production, l'étaient aussi durant la saison de végétation.

Un nombre plus élevé de fleurs au 19 juin est aussi corrélé avec un poids en biomasse aérienne au 28 août qui est plus élevé (Tableau 2), mais impossible de savoir si le poids en biomasse aérienne au moment de la floraison aurait aussi été corrélé. Rappelons que ce poids en biomasse aérienne représente une surface de  $1075 \text{ cm}^2$ , qui inclue les 5 ramets qui ont été suivis. Par ailleurs, un poids en biomasse aérienne plus élevée est corrélé avec une hauteur du couvert végétal plus élevée (Tableau 13).

Un nombre plus élevé de fruits au 17 juillet est corrélé avec un nombre de fleurs et un taux de mise à fruit qui sont plus élevés (Tableau 3). Toutefois, le taux de mise à fruit, qui varie entre 34 et 74 %, n'est pas corrélé avec le nombre de fleurs (Tableau 4). Alors qu'un nombre de fleurs plus élevé est corrélé avec un poids en biomasse aérienne plus élevée, il en est autrement avec le taux de mise à fruit qui est plus élevé lorsque le poids en biomasse aérienne et la hauteur du couvert végétal sont plus faibles. De plus, la température moyenne du sol était plus élevée où le poids en biomasse aérienne était plus faible. Nous posons donc les trois hypothèses suivantes :

2. Une densité plus faible de ramets est propice au réchauffement du sol, car davantage de rayonnement solaire peut être absorbé.
3. Le moment de la floraison a été plus hâtif où la température moyenne du sol a été plus élevée et cela a été favorable à la pollinisation.
4. Un taux de mise à fruit plus faible a été favorable à une croissance végétative plus élevée des ramets durant le reste de la saison.

Aussi, le nombre de fruits tend à être plus élevé où la couche d'humus est plus faible (Tableau 3). Le taux de matière organique des 38 parcelles où cette mesure est disponible varie entre 5,2 et 14,3 % (Tableau 1). Les parcelles les mieux pourvues en matière organique sont corrélées avec une couche d'humus en surface qui est aussi plus élevée (Tableau 8) et un rendement en fruits plus faible (Tableau 5). Lors de l'analyse du sol, cette couche d'humus est incluse dans le taux de matière organique mesuré. L'épaisseur de cette couche peut atteindre jusqu'à 50 % des 30 premiers cm de sol.

Autre élément intéressant, le pH du sol dans les parcelles où la minéralisation semble avoir été favorisée est plus élevé (Tableau 9). Cela est un autre facteur qui est favorable à une bonne activité microbologique dans le sol. Le  $pH_{\text{eau}}$  du sol varie de 4,8 et 5,6 entre les 39 parcelles où cette donnée est disponible (Tableau 1). Dans les parcelles

où le pH est plus élevé, la couche d'humus est plus faible et la résistance du sol à la pénétration est plus élevée dans la strate 0-10 cm (Tableau 9). La couche d'humus étant plus mince, il est attendu que la résistance à la pénétration du sol soit plus élevée, car le sol minéral entre en contact plus rapidement avec le pénétromètre. La masse volumique apparente du sol  $\gamma$  est d'ailleurs plus élevée (Tableau 10). Nous posons donc l'hypothèse suivante :

5. Une couche d'humus dont l'épaisseur est plus élevée est un contexte environnemental qui aggrave la non-disponibilité de l'azote.

## 6.1 RETOUR SUR LES OBJECTIFS DU PROJET

### 6.1.1 Identifier des conditions environnementales, autres que la génétique de la plante, qui sont favorables à un prélèvement en eau de la culture qui est supérieur

La variable qui a été utilisée pour évaluer le prélèvement en eau de la culture est le  $K_c$ . Dans le contexte étudié, les pertes en eau par évaporation à la surface du sol sont minimales. Ce  $K_c$  est donc représentatif de la transpiration de la culture. Plus sa valeur est élevée, plus le prélèvement en eau est élevé. Il n'est donc pas surprenant de constater une corrélation entre un  $K_c$  élevé et une hauteur du couvert végétal (Tableau 12) et un poids en biomasse aérienne (Tableau 13) qui sont élevés.

En ce qui a trait à la hauteur du couvert végétal au moment de la récolte des fruits, elle n'est corrélée avec aucune des variables qui ont servi à caractériser le contexte environnemental. Ses relations avec le taux de mise à fruits, le  $K_c$  et la température du sol, indique qu'il s'agit possiblement d'une réponse des ramets à un taux de mise à fruit plus faible (Tableau 12). Cette réponse étant un développement végétatif plus important durant le reste de la saison.

Le poids en biomasse aérienne au 28 août tient compte de la croissance végétative « post mise à fruit ». Alors pourquoi une biomasse aérienne plus élevée est corrélée avec un nombre de fleurs plus élevé et des rendements plus faibles? Tout d'abord par une densité de ramets par unité de surface qui a été plus grande. Cette densité plus élevée aurait nui au réchauffement du sol, réchauffement qui a été observé où la densité de ramets est plus faible. Le moment de la floraison aurait donc été différent entre les zones de forte et de plus faible densité de ramets.

Si l'on s'en tient à vouloir identifier des conditions environnementales, et non une réponse de la bleuëtière, qui sont favorables à un prélèvement en eau plus élevée, autrement dit, qui expliquent un poids en biomasse aérienne plus élevée, il est impossible de l'expliquer avec les variables qui ont été étudiées dans ce projet.

Reformulons donc ce premier objectif comme suit :

### 6.1.2 Identifier des conditions environnementales, autres que la génétique de la plante, qui sont favorables à un rendement qui est supérieur (Nouvel Objectif)

Certes, le taux de mise à fruit semble avoir été favorisé où la densité de ramets a été plus faible. Cependant, selon les conditions météorologiques printanières au moment de la floraison et leurs impacts sur les pollinisateurs, la situation observée en 2019 pourrait se conclure différemment lors d'une autre saison.

Une condition environnementale qui semble « solide » comme explication est le pouvoir de minéralisation du sol. Un nombre plus élevé de fleurs (Tableau 2) et aussi de fruits (Tableau 3), par ramets, sont corrélés avec un sol dont le pouvoir de minéralisation est plus élevé. La principale contrainte à cette minéralisation semble être une couche d'humus à la surface du sol qui est plus épaisse. Reste maintenant à réfléchir à des interventions qui permettent de réduire l'épaisseur de cette couche d'humus, surtout en présence d'une bleuetière déjà aménagée...

### 6.1.3 Les conditions environnementales identifiées, proposer des interventions pour augmenter le rendement des zones où ce dernier est plus faible

Il était sous-entendu dans cet objectif qu'un prélèvement en eau plus élevé était favorable à un rendement plus élevé. Impossible de savoir dans quelle proportion la relation, entre un nombre plus élevé de fleurs au 19 juin et un poids en biomasse aérienne plus élevé au 28 août, est attribuable à la croissance végétative « post mauvaise mise à fruit ». Cependant, une proportion de cette biomasse plus élevée est attribuable à une densité de ramets plus élevée dans les parcelles où le taux de mise à fruit a été plus faible. Il est donc possible d'avancer que le « profil de bleuetière » qui avait le plus grand potentiel de rendement aurait conservé son titre de plus grand préleveur d'eau, s'il avait pu exprimer ce potentiel.

Le projet « 2015-2018 », présenté en introduction de ce rapport, a mis en relation les  $K_c$  et les rendements de 6 cycles de production, étalés sur 4 années. Pour ce faire, une valeur moyenne de  $K_c$  pour un cycle donné a été mise en relation avec le rendement moyen du même cycle (même champ). Au bout de ces 6 cycles de production, 6 valeurs de  $K_c$  ont pu être mises en relation avec le rendement moyen auquel il était rattaché. La résultante de cet exercice est la suivante : plus le  $K_c$  était élevé, plus le rendement l'était (Figure 1 et Figure 2). Pour le projet réalisé en 2019, la même approche a été utilisée, mais à l'intérieur d'une même bleuetière et d'une même année.

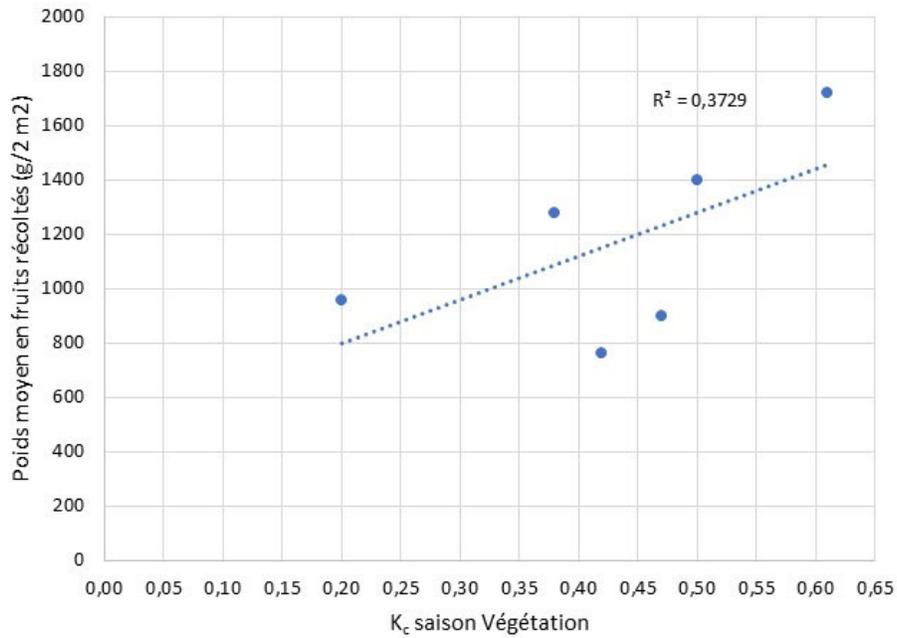
En ce qui a trait au « projet 2019 » le  $K_c$  moyen mesuré pour l'ensemble du champ est de 0,57 et le rendement moyen rapporté en  $g/2 m^2$  est de 852. En ajoutant ce point au graphique présenté à la Figure 2 (repérer le carré orange), la relation semble toujours tenir le coup.

Si les parcelles avec la plus grande densité de ramets et les  $K_c$  les plus élevés avaient pu exprimer leur potentiel de rendement, avec le même  $K_c$ , le rendement aurait été plus élevé et la relation «  $K_c$  élevé = Rendement plus élevé » aurait été encore plus forte. D'autant plus que le  $K_c$  aurait possiblement été un peu plus bas, car les ramets se seraient moins développés végétativement en « post mise à fruit ». Autrement dit, l'approche du « prélèvement en eau » semble être un indicateur de rendement qui a certainement un potentiel.

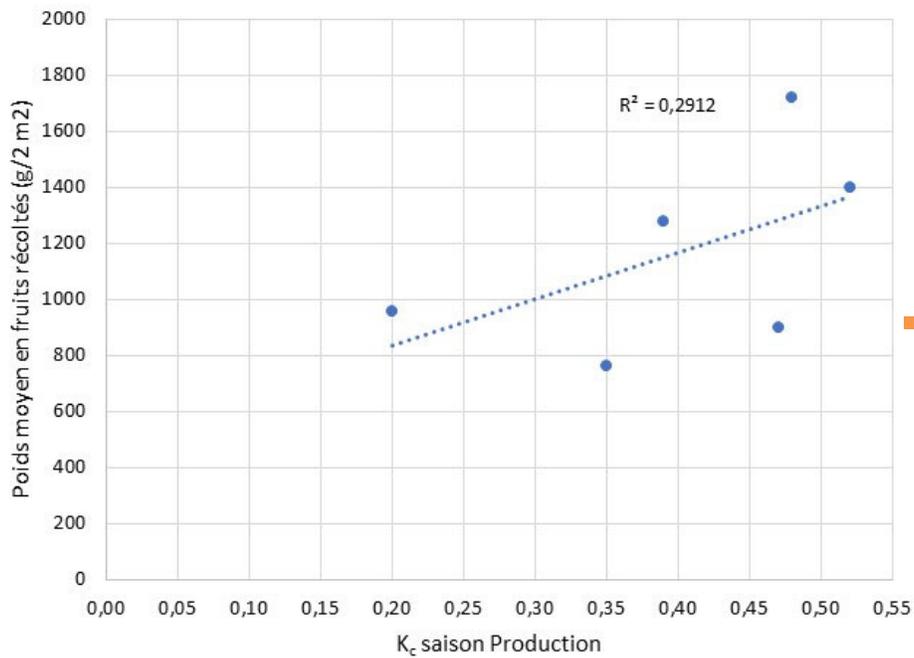
### 6.1.4 Consolider l'approche du « prélèvement en eau de la culture » comme un indice pour évaluer le potentiel de rendement d'une bleuetière

Cette approche demeure encore à développer, mais elle permet certainement de générer et/ou alimenter un questionnement sur la performance d'une bleuetière. Suivre l'évolution de cette valeur sur plus d'une année est certainement pertinent. De plus, en duo ou en trio avec la température du sol et le taux de mise à fruit, il y a possiblement là une idée de « trousse diagnostique » à développer.

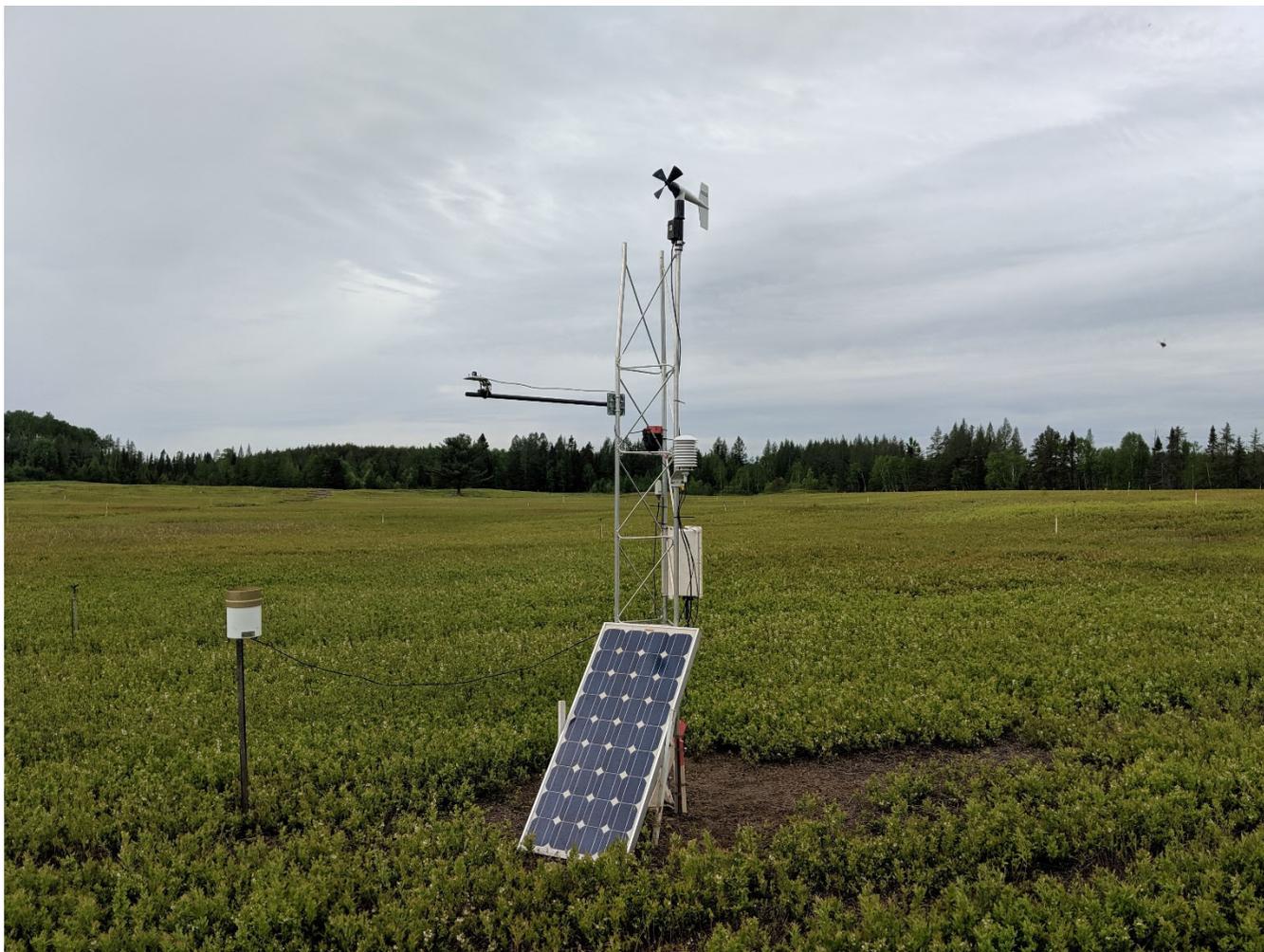
## 7 ANNEXE



**Figure 1.** Relation entre le K<sub>c</sub> moyen obtenu en saison de végétation et le poids en fruits récolté pour un champ donné (Tiré de Boivin et coll., 2019).



**Figure 2.** Relation entre le K<sub>c</sub> moyen obtenu en saison de production et le poids en fruits récolté pour un champ donné (Adaptée de Boivin et coll., 2019).



**Figure 3.** Station météorologique installée dans la bleuetière – 19 juin 2019.



**Figure 4.** Identification des 5 tiges utilisées pour compter le nombre de fleurs et de fruits et pour mesurer le taux de mise à fruit – 19 juin 2019.



**Figure 5.** Prélèvement d'un cylindre de sol pour mesurer la masse volumique apparente. Le second cylindre sera utilisé pour enfoncer le premier à la profondeur voulue (2,5 à 4 po) afin d'éviter de compacter le sol – 28 août 2019.

Ce cylindre a été prélevé dans la zone qui a été utilisée pour mesurer la température et la teneur en eau du sol et le poids en biomasse aérienne.



**Figure 6.** Les cylindres sont retirés du sol à l'aide d'une pelle – 28 août 2019.



**Figure 7.** Pénétrromètre utilisé pour mesurer la résistance du sol à la pénétration – 28 août 2019.

Mesure effectuée dans la zone qui a été utilisée pour mesurer la température et la teneur en eau du sol, la masse volumique apparente et le poids en biomasse aérienne.

## 8 BIBLIOGRAPHIE

---

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). 2002. Le système canadien de classification des sols, 3<sup>e</sup> édition, Presses scientifiques du CNRC, Ottawa, Canada, 196 p.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes et M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome.

American Society of Civil Engineering (ASCE), 2005. The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Report of ASCE Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee, ASCE, 59 p.

Boivin, C., G. Bourgeois, J. Vallée, P. Deschênes, L. Belzile, P.-O. Martel et D. Bergeron. 2019. Régie raisonnée de l'eau pour le bleuët nain cultivé dans un contexte de climat variable et en évolution. Rapport remis au MAPAQ. Projet n° IA115429. IRDA, 201 p.

Conseil des productions végétales du Québec (CPVQ). 1988. Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. CPVQ. Québec. Agdex 533, méthode SS-1.

Gee, G.W. et J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. p. 383-411. In A. Klute (ed) Methods of soil analysis. Part 1. ASA. Monograph No 9. 2nd edition. Madison, WI.

Jesson, L., D. Schoen, C. Cutler et S. Bates S. 2014. La pollinisation du bleuët nain. Synthèse des résultats de recherche de l'initiative canadienne de pollinisation. 42 p. Disponible à l'adresse : <http://www.uoguelph.ca/canpolin/New/Blueberry%20booklet%20FINAL%20French%20web.pdf>

Tran, T.S. et R.R. Simard. 1993. Mehlich III-extractable nutrients. Pages 43–50 dans M. R. Carter, ed. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers, London, UK.