

Rapport final

Projet no. IA213093

Mise à l'essai d'une conduite culturale hors-sol pour le bleuet en corymbe

Rapport rédigé par

Jérémie Vallée, IRDA
Carl Boivin, IRDA
Eloïse Gagnon, Fafard et Frères Ltée
Daniel Bergeron, DRCN - MAPAQ
Guy-Anne Landry, DRM - MAPAQ



INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

Responsable scientifique : Carl Boivin

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

Déposé le 21 mars 2016

Révisé le 26 avril 2018

Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement

Carl Boivin, agr., M.Sc.
Chercheur
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 430
carl.boivin@irda.qc.ca

Jérémy Vallée, agr., B.Sc.
Attaché de recherche
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 432
jeremie.vallee@irda.qc.ca

Le rapport peut être cité comme suit :

Vallée, J., C. Boivin, E. Gagnon, D. Bergeron et G.-A. Landry. 2016. Mise à l'essai d'une conduite culturale hors-sol pour le bleuets en corymbe. Rapport final présenté au MAPAQ dans le cadre du Programme Innov'Action agroalimentaire, 43 p.

Section 2 - Partenaires

Personnes contacts	Établissement partenaire
Nadine Leclaire	Ferme horticole St-Nicolas
Eloïse Gagnon	Fafard et Frères Ltée
Guy-Anne Landry	Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Direction Régionale de la Mauricie (DRM)
Daniel Bergeron	Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Direction Régionale de la Capitale-Nationale (DRCN)

Équipe de réalisation :

- Nadine Leclaire, Ferme Horticole St-Nicolas
- Éloïse Gagnon, Fafard et Frères
- Carl Boivin, IRDA
- Jérémy Vallée, IRDA
- Stéphane Nadon, IRDA
- Michèle Grenier, IRDA
- Daniel Bergeron, MAPAQ DRCN
- Guy-Anne Landry, MAPAQ DRM

Section 3 – Fiche de transfert

Bleuet en corymbe hors-sol : vers un système de production efficace.

Vallée, J., C. Boivin, E. Gagnon, D. Bergeron et G.-A. Landry

No de projet : IA213093

Durée : 03/2014 – 02/2016

OBJECTIF(S)

Intervenir efficacement dans l'alimentation hydrique du bleuetier en corymbe et par conséquent, dans son alimentation minérale, en modifiant le système cultural de sorte à atteindre un optimal agronomique, économique et environnemental.

MÉTHODOLOGIE

Les essais terrains ont été réalisés à la Ferme Horticole St-Nicolas, située à Trois-Rivières, et ce, du printemps 2014 à l'automne 2015. Pour réaliser ce projet, 80 bleuetiers du cultivar *Sierra* ont été nécessaires. Cette variété a été sélectionnée pour son potentiel de rendement, ses qualités gustatives et le calibre de ses fruits. Les plants utilisés pour le projet étaient âgés de 3 ans (3 années complètes de végétation) au printemps 2014 et ont d'abord été regroupés selon le volume du pot dans lequel ils ont été empotés (50 ou 100 litres). Le rempotage des plants a été effectué avec un substrat à base de morceaux et de fibres de coco (40 pots) ou à base d'écorce (40 pots). Les types de système d'irrigation comparés, choisis de sorte à optimiser la distribution de l'eau appliquée, piquet arroseur (système de type aspersion) ou piquet goutteur (système de type goutte-à-goutte) ont été installés. De plus, deux régies d'irrigation ont été élaborées soit, une régie dite « humide » soit une régie dite « sèche ». À l'intérieur de chacune de ces dernières, l'ensemble des combinaisons possibles entre les facteurs à l'étude est considéré. Il y a donc un total de 16 combinaisons de facteurs à l'étude pour le dispositif expérimental (Volume du pot (2) x Substrats (2) x Types de système (2) x Régimes hydriques (2)). L'ensemble des combinaisons a été randomisé aléatoirement et répété cinq fois, pour un total de 80 pots.

FAITS SAILLANTS

L'analyse économique a permis de démontrer que deux des principaux postes de dépenses étaient les pots et le substrat. À eux seuls, ils accaparent entre 50 et 60 % des coûts considérés* dans l'analyse économique partielle. L'analyse de l'impact de ses facteurs pris individuellement ou de manière groupé a permis de mettre en lumière que ni le substrat, ni le volume du pot n'avaient un réel impact sur la croissance des plants à l'exception d'une croissance des tiges significativement plus importante pour le substrat à base d'écorce, en 2014. Au niveau des concentrations foliaires en éléments nutritifs, le volume du pot a certes influencé significativement certains éléments, mais aucun de ces éléments n'a pu expliquer les croissances annuelles des plants. De plus, il existe un écart considérable des coûts engendré par les traitements. À cet effet, le traitement le plus dispendieux engendre des coûts supplémentaires de 5,84 \$ par pot soit près de 15 000 \$ par hectare. Ce montant équivaut au prix que coûteraient près de 600 pots supplémentaires (50-Écorce-Goutteurs).

Dans le contexte du projet, le système de piquets gicleurs a été favorable à la nutrition minérale du plant. Tant en 2014 qu'en 2015, il a permis d'augmenter la concentration foliaire en éléments nutritifs de manière significative. De plus, une tendance à l'augmentation de la croissance annuelle des tiges avec le système de piquets goutteurs a été observée, ce qui pousse à croire qu'il procure non seulement une bonne nutrition minérale, mais aussi une bonne distribution de l'eau dans le pot. Toutefois, dans le cas où des engrais granulaires seraient utilisés, le système de piquets arroseurs deviendrait intéressant à utiliser.

À la lumière des résultats et dans le cadre de ce projet, il est difficile de justifier tant au niveau économique qu'au niveau des performances agronomiques l'utilisation de pots de 100, du substrat à base de morceaux et de fibres de coco ainsi que le système de piquets arroseurs. Donc, le traitement comportant l'utilisation du pot de 50 l, du substrat à base d'écorce et le système à piquets goutteurs procurent le plus de bénéfices.

* Les coûts considérés sont présentés au Tableau 9. Entre autres, ces derniers exclus : plant, fertilisants, pesticides, pompe, opérations culturales, etc.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Concentration foliaire en éléments minéraux

Au terme de la première saison de l'essai, le type de système d'irrigation est le facteur qui a eu l'impact le plus

important sur la concentration foliaire en éléments majeurs et mineurs. En effet, le Ca, le Mg et le Mn se sont retrouvés en plus grande concentration dans les feuilles des plants qui ont été irrigués avec un système avec piquets goutteurs avec des effets statistiquement significatifs (valeur de $p < 0,01$). En 2015, l'effet significatif s'est poursuivi pour le Mg et le Mn seulement avec des valeurs respectives de p de 0,08 et 0,01. En 2015, c'est le facteur du pot qui a eu le plus d'influence sur la concentration foliaire en éléments nutritifs avec des effets significatifs sur le N, le P, le Zn et le Mn. De plus, une tendance peut être observée pour le Ca et le Cu avec des valeurs respectives de p de 0,12 et 0,11. Le pot de 50 l est un facteur qui a permis d'obtenir des concentrations foliaires plus élevées en N, P et Cu tandis que le pot de 100 l a favorisé la concentration foliaire en Ca et en Mn.

Croissance végétative

Le type de système d'irrigation est le facteur ayant eu l'impact le plus marqué sur le développement du plant, mais pour l'année 2014 seulement (Tableau 1). En effet, en 2014, il y a une différence significative en faveur du piquet goutteur pour la hauteur des plants (127,5 vs 120,3 cm) et en faveur du piquet arroseur pour l'aire du plant au sol (13 653 vs 12 366 cm²).

En 2015, il n'y a aucune différence significative pour la croissance annuelle des plants selon le facteur système. Toutefois, la croissance des plants avec un système de type goutteur tend ($p=0,12$) à être plus élevée. De plus, la différence de la hauteur du plant observée en 2014 s'estompe en 2015. Les résultats significatifs et les tendances observées montrent un certain avantage du système goutteur sur la croissance des plants.

Tableau 1. Hauteur finale du plant (cm), aire de ce dernier au sol (cm²) et croissance annuelle (cm) selon l'année et le type de système d'irrigation.

Années	Modes	Hauteur plant (cm)	Aire du plant au sol (cm ²)	Croissance annuelle (cm)
2014	Arroseur	120,3	13 653	23,2
	Goutteur	127,5	12 366	25,0
	Valeur de p	0,01	0,03	0,32
2015	Arroseur	129,4	16 875	26,0
	Goutteur	133,2	16 111	28,8
	Valeur de p	0,21	0,43	0,12

Analyse économique

Il existe une différence importante des coûts considérés entre les différents traitements comparés (Tableau 2). En fait, il y a un écart de 5,84 \$ par pot entre le traitement le plus dispendieux et le plus économique, soit une majoration d'un peu plus de 20 % des coûts. Ainsi, le traitement le plus avantageux sur le plan économique est constitué d'un pot de 50 l, d'un substrat d'écorce et d'un système de piquets goutteurs.

Tableau 2. Coûts relatifs des traitements à l'étude.

Traitements			Coût à l'hectare (\$)	Coût par pot (\$)
Pots	Substrats	Modes		
50 l	Écorce	Arroseur	62 203,48	24,88
50 l	Écorce	Goutteur	61 455,44	24,58
50 l	Coco	Arroseur	63 418,98	25,37
50 l	Coco	Goutteur	62 670,94	25,07
100 l	Écorce	Arroseur	72 874,13	29,15
100 l	Écorce	Goutteur	72 126,09	28,85
100 l	Coco	Arroseur	76 042,13	30,42
100 l	Coco	Goutteur	75 294,09	30,12

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Ce projet a fourni des éléments de réponses concrets sur certains des aspects de la production du bleuetier en corymbe en pots au Québec, mais dans son contexte uniquement. Pour l'instant, certaines questions restent entières. La production du bleuet en pots est relativement jeune au Québec et il existe, à ce jour, peu ou pas d'information sur le sujet. À l'inverse des cultures annuelles, la culture du bleuet en pots doit s'inscrire dans un cycle de production sur plusieurs années. Il est certain que la durée limitée du projet (2 ans) ne permet pas d'adresser l'ensemble des problématiques pouvant survenir au cours du cycle de production entier. Cet aspect de longévité apporte une difficulté supplémentaire à fournir des conclusions qui perdureront dans le temps. Ainsi, il est possible que certaines des combinaisons identifiées dans le cadre de ce projet ne puissent fournir les bénéfices maximaux lorsque le plant atteindra sa pleine croissance et productivité. Néanmoins, il est bon de mentionner que les conclusions de ce projet permettent d'identifier des aspects à considérer lors des deux premières années de productions des bleuetiers en pots.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Carl Boivin, agr., M.Sc.
Chercheur
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380 poste 430
carl.boivin@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Nous tenons également à souligner la contribution financière de Farard et Frères en ce qui a trait aux substrats utilisés, à certaines analyses des substrats ainsi qu'à l'encadrement technique.

Nous voulons également remercier la ferme Horticole St-Nicolas pour son engagement envers le projet et aussi pour l'aide technique fournie tout au long de la réalisation du projet.

Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique

Ne s'applique pas

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs

Des activités de diffusion et de transfert ont été réalisées tout au long du projet, voici la liste exhaustive :

- Site internet de l'IRDA
 - <http://www.irda.qc.ca/fr/projets/mise-a-l-essai-d-une-conduite-culturale-hors-sol-pour-le-bleuet-en-corymbe/>
- Page spécialisée *Eau champ* sur FACEBOOK
 - <https://www.facebook.com/Eau-Champ-553087161468867/>
- Dans le bulletin électronique mensuel de l'IRDA, l'Agrosolution express
 - Le projet a été annoncé dans le volume 5, numéro 3 en mars 2014. <http://irda.cmail2.com/t/ViewEmail/t/122E726904C12976/ABF4B800789A87192540EF23F30FEDED>
- Conférences
 - Boivin, C. 2016. Bleuet en corymbe hors-sol : résultats d'un essai, lors de *rencontre d'hiver – groupe de travail petits fruits*, Réseau d'avertissement phytosanitaire, Drummondville, 17 février 2016
 - Berthiaume, C. 2016. La production du bleuet en corymbe hors-sol, une solution, lors de la journée *Innovier dans les Hautes-Laurentides, c'est possible!*, MAPAQ, Mont-Laurier, 17 février 2016.
- Rencontre de coordination du projet avec les partenaires
 - Février 2015
 - Février 2016

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats	2. Utilisateurs	3. Message	4. Cheminement des connaissances
Le pot de 50 l	Les fournisseurs de matériel agricole Les producteurs de bleuets en pots	En comparaison avec un pot de 100 l, l'utilisation d'un pot de 50 l permet une réduction des coûts associés à l'acquisition du pot lui-même (1,93 \$/pot ou 4813 \$/ha) et du substrat (2,34 \$/pot ou 5858 \$/ha) sans affecter le rendement agronomique.	<ul style="list-style-type: none"> a) Conférence auprès de publics cibles (voir utilisateurs). b) Poursuivre des essais à plus long terme sur la performance de système de production basé sur un pot de 50 l.
Le substrat à base d'écorce	Les fournisseurs spécialisés de substrats Les producteurs de bleuets en pots	En comparaison avec un substrat à base de morceaux et de fibres de coco, le substrat à base d'écorce permet une économie de 0,5 \$/pot ou 1250 \$/ha sans affecter le rendement agronomique.	<ul style="list-style-type: none"> a) Conférence auprès des publics cibles (voir utilisateurs). b) Poursuivre des essais à plus long terme pour valider la durabilité et la performance du substrat.
Le système d'irrigation avec piquets goutteurs	Les fournisseurs de système d'irrigation Les producteurs de bleuet sen pots	En comparaison avec le système de piquets arroseurs, les piquets goutteurs permettent une économie de 0,3 \$/pot ou 750 \$/ha et fournissent une meilleure nutrition minérale tout en procurant une tendance à l'augmentation de la croissance annuelle des tiges.	<ul style="list-style-type: none"> a) Conférence auprès des publics cibles (voir utilisateurs), journée de transfert à la ferme. b) Poursuivre des essais à plus long terme sur l'irrigation et la fertilisation du plant de bleuet en pot.

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Ferme Horticole St-Nicolas

- 80 bleuetiers en corymbe
- Support matériel et logistique
- Temps de travail au projet

Fafard et Frères Ltée

- Substrats (8 vg³)
- Analyses physico-chimiques de départ (2014)
- 21 Analyses SSE
- 16 Analyses foliaires
- Conseil technique

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique

Introduction

Le bleuët en corymbe produit au Québec est présent sur le marché frais durant une courte période. Cela s'explique surtout par le peu de cultivars ayant une rusticité adaptée aux conditions météorologiques du Québec. Divers systèmes culturaux peuvent être adoptés afin d'améliorer les conditions culturales. Parmi ces systèmes, la culture hors sol s'avère une alternative raisonnée pour accroître la durée de l'offre du bleuët en corymbe sur le marché. La culture en pots, de par les facilités de protections hivernales qu'elle permet, justifie la valorisation de cultivars ayant une rusticité plus faible que celle du *Patriot*. De cette façon, elle permet de minimiser les pertes de rendements occasionnées par le froid hivernal. À cet effet, l'hiver 2014-2015 est un bon exemple où les bleuëtières en plein champ ont subi des pertes de rendement liées au froid hivernal (RAP, 2015). À certains endroits, le froid hivernal a même occasionné la perte complète de plants comme à la ferme horticole St-Nicolas où près de 600 plants de *Patriot* ont dû être recepés (Leclerc, 2016).

La culture en pots permet aussi un aménagement efficace de la mise en marché selon le stade de maturité des fruits. De plus, l'utilisation de substrats aux caractéristiques physiques et chimiques uniformes, entre les pots, simplifie la régie de culture et optimise l'utilisation de l'eau et des nutriments. Le recours aux pots accroît la productivité par unité de surface (densité/ha), car il devient possible d'organiser l'espace selon le stade de développement. Le contrôle des mauvaises herbes est simplifié et ce système est favorable à la perturbation du cycle de certaines maladies fongiques et de ravageurs, un avantage pour l'innocuité du produit. Néanmoins, la gestion des apports en eau et en fertilisants demeure un défi, pour l'ensemble des cultures, qu'elles soient en plein sol ou en pot. D'autant plus qu'à notre connaissance, il n'y a pas de publication ayant trait à la culture en pot du bleuët au Québec.

Matériel et méthodes

Les essais terrains ont été réalisés à la Ferme Horticole St-Nicolas (Trois-Rivières, 46.31° N, 72.73° O), et ce, du printemps 2014 à l'automne 2015. Pour réaliser ce projet, 80 bleuëtiers du cultivar *Sierra* ont été nécessaires (Annexe, Figure 12). Cette variété a été sélectionnée pour son potentiel de rendement, ses qualités gustatives et le calibre de ses fruits. Les plants utilisés pour le projet étaient âgés de 3 ans (3 années complètes de végétation) au printemps 2014.

Les plants ont d'abord été regroupés selon le volume du pot dans lequel ils ont été empotés (50 ou 100 litres). Le repotage des plants a été effectué avec un substrat à base de morceaux et de fibres de coco (40 pots) ou à base d'écorce (40 pots). Pour ce faire, le substrat a été mesuré pour chaque pot et compacté à une densité optimale. Les types de système d'irrigation comparés, choisis de sorte à optimiser la distribution de l'eau appliquée, piquet arroseur (système de type aspersion) ou piquet goutteur (système de type goutte-à-goutte) ont été installés. De plus, deux régies d'irrigation ont été élaborées soit une régie dite « humide », où le risque que la plante subisse un stress hydrique est faible, soit une régie dite « sèche », où le risque que la plante subisse un stress hydrique est plus élevé. À l'intérieur de chacune de ces dernières, l'ensemble des combinaisons possibles entre les facteurs à l'étude est considéré. Il y a donc un total de 16 combinaisons de facteurs à l'étude pour le dispositif expérimental (Volume du pot (2) x Substrats (2) x Types de système (2) x Régimes hydriques (2)). L'ensemble des combinaisons a été randomisé aléatoirement et répété 5 fois, pour un total de 80 pots (Annexe, Tableau 11).

Des tensiomètres (*Hortau*, Tx-80) ont été utilisés pour intervenir selon les consignes établies à partir des caractéristiques physiques des substrats à l'étude. Les stades phénologiques, la croissance végétative, le statut nutritionnel des feuilles et les coûts d'adoption des différentes combinaisons ont été mesurés. Malheureusement, le rendement en fruit n'a pu faire l'objet de mesure. Finalement, le pH des substrats a été suivi par Fafard et Frères et ont été corrigées, selon les besoins, par l'incorporation de chaux calcinée 200 mailles (CaO) aux substrats, à chacun des pots, en juin 2015. L'application, à raison de 0,65 g/l substrat, a été réalisée pour corriger le pH pour maintenir une valeur cible de 4,5. La chaux calcinée a été incorporée aux pots de façon superficielle et a été suivie d'un arrosage de manière à obtenir un lait de chaux.

Régie de l'eau

Pour déterminer les régies d'irrigation qui seraient comparées, une caractérisation physique des substrats a tout d'abord été réalisée en début de saison. À partir des résultats, des consignes d'irrigation ont donc été identifiées pour les deux régies d'irrigation. Les consignes étaient les mêmes pour les deux substrats, soit une consigne de départ de 7-8 kPa pour la régie humide et de 15 kPa pour la régie sèche. Le suivi des consignes a été réalisé grâce à la gestion tensiométrique. Les tensiomètres ont été installés à une profondeur de 15 à 20 cm et à la portée du système

d'irrigation. Puisque les résultats des courbes de désorption en eau des substrats (coco et écorce) étaient quasi similaires, le système d'irrigation a été configuré avec huit lignes distinctes. Les 2 types de système d'irrigation ont été composés de système de piquets arroseurs (Netafim, 12,1 lph, Photographie 4) et de piquets goutteurs (Netafim, 1,9 lph, Photographie 5), utilisés à une pression d'opération de 25 psi. Les pots ont été munis, selon le traitement, d'un seul piquet arroseur ou de deux piquets goutteurs, installés aux extrémités du pot (Photographie 6). Ce faisant, il a été possible d'intervenir sur la régie de l'eau selon le volume du pot (50 ou 100 l), le type de système (piquets arroseurs ou goutteurs), et le type de régie (sèche ou humide).

Régie de fertigation

La fertigation a été apportée hebdomadairement afin de répondre aux exigences nutritives du bleuetier. La solution nutritive a été préparée à l'aide de fertilisants solubles dans l'eau. La formulation d'engrais 844 g de (Plant-Prod, 28-14-14) et 281 g de (Tessenderlo Group, *SoluPotass* 0-0-50) ont été dissous dans 450 l d'eau. La dose a été établie à 4 l de solution nutritive par pot, soit 7,5 g de 28-14-14 et 2,5 g de 0-0-50 par fertigation. En 2014, il y a eu 11 épisodes de fertigation (31 mai au 1^{er} août) tandis qu'en 2015, 9 épisodes de fertigation ont eu lieu entre le 25 mai et le 29 juillet. Après chaque épisode de fertigation, un épisode d'irrigation a été réalisé pour bien nettoyer le système d'irrigation. De plus, lorsque nécessaire, l'épisode d'irrigation a servi à fournir le volume d'eau nécessaire au respect des consignes d'irrigation établies.

Analyses foliaires

L'échantillonnage pour réaliser l'analyse foliaire a été effectué le 1^{er} août 2014 et le 4 août 2015. L'échantillonnage consistait à sélectionner, de manière aléatoire et sur chacun des plants, 3 tiges annuelles et de prélever sur chacune de ces tiges 5 feuilles matures consécutives. Les feuilles prélevées (15 feuilles par plant x 80 pots) ont ensuite été conservées au froid jusqu'au laboratoire d'analyse de l'IRDA. Les feuilles ont ensuite été séchées et broyées à 100 mesh pour former un échantillon composite. Le N total, le P, K, Ca, Mg et les éléments mineurs ont été digérés à l'acide sulfurique et sélénieux selon la méthode Kjeldahl (Isaac et Johnson, 1976). Le contenu des éléments a finalement été déterminé par spectrométrie d'émission au plasma. Le N a été dosé sous forme d'ammonium par colorimétrie avec le nitroprussiate de sodium.

Analyses du substrat

Les substrats ont fait l'objet d'une analyse chaque année (1^{er} août 2014 et le 4 août 2015). Pour ce faire, 16 échantillons composites (sol prélevé dans chaque répétition) ont été prélevés sur les 16 différentes combinaisons de traitements. Les éléments minéraux majeurs et mineurs, le pH et la conductivité ont été analysés (Tableau 13 et Tableau 14). Ainsi, le N minéral disponible a été extrait par la méthode de saturation du sol à l'eau (méthode SSE) (CPVQ, 1988). Pour ce faire, le sol humide a été mélangé avec une quantité d'eau déminéralisée, et ce, avec un volume suffisant pour le porter à saturation. Après brassage, le sol a été laissé à reposer une heure. Le surnageant a été filtré sur un Buchner à vide et le N-NH₄ et le N-NO₃ du filtrat, considéré comme un extrait aqueux, ont été déterminés par colorimétrie au Technicon AA-II.

Mesures de croissance

La croissance végétative des tiges a été effectuée en mesurant trois tiges annuelles, sélectionnées aléatoirement dans le dernier tiers supérieur du plant. La hauteur du plant a été mesurée de la base de tronc jusqu'à la tige la plus haute du plant. Le calcul de l'aire au sol représente l'air d'une ellipse et est décrit selon la formule suivante : aire au sol = $\pi \times (\text{largeur dans le sens de la ligne des plants} / 2 \times (\text{largeur perpendiculaire à la ligne des plants} / 2))$. Les mesures de croissances ont été effectuées à plusieurs reprises au courant de la saison soit : 13 mai, 25 juin et le 3 octobre en 2014 et le 7 juillet, 4 août et le 28 septembre en 2015.

Traitement statistique

Une analyse de variance a été effectuée à l'aide de la procédure MIXED de SAS (version 9,2). Le modèle comprend tous les effets fixes des quatre facteurs et toutes les interactions doubles, triples et quadruples entre ces facteurs. Pour l'analyse de la hauteur des plants mesurée le 3 octobre 2014, la hauteur initiale mesurée avant l'application des traitements le 13 mai 2014 a été ajoutée dans le modèle à titre de covariable. L'ajout de cette covariable permet de réduire la variabilité à l'erreur et d'obtenir des estimateurs plus précis pour les moyennes. La pente de régression pour la hauteur est de 0,33 (erreur type de 0,11), ce qui signifie une augmentation de 0,33 cm de la hauteur finale pour chaque cm supplémentaire de la hauteur initiale. Les hauteurs finales moyennes diffèrent bien sûr selon leurs valeurs initiales, mais comme il n'y a pas d'interaction significative entre cette covariable et les autres facteurs dans le modèle, les différences entre les traitements restent constantes (les droites de régression sont toutes parallèles). Une

covariable a également été utilisée pour l'analyse de l'aire de l'ellipse mesurée le 10 octobre 2014 (aire au sol), soit la mesure de cette aire prise le 13 mai 2014, comme pour la hauteur. La pente de régression pour l'aire de l'ellipse est 0,62 (erreur type 0,20). Pour la moyenne de croissance des trois tiges, la covariable (mesure initiale des trois tiges) n'était pas significative et ne fait donc pas partie du modèle final. Pour 2015, les hauteurs prises à des dates subséquentes n'ont pas été utilisées comme covariable à la hauteur des plants finale.

Résultats

Protection hivernale contre le gel

La culture hors sol fournit un avantage concurrentiel grâce à la culture de variétés possédant un indice de rusticité plus faible que les variétés généralement cultivées en plein champ. Ainsi, cela permet d'allonger la saison de production et de fournir un produit distinctif. Pour ce faire, les variétés sensibles au froid hivernal doivent être protégées convenablement. La culture en pots permet d'hiverner les plants en les regroupant sous une toile pour éviter la mort des plants. Le cultivar utilisé (*Sierra*) possède une tolérance au froid hivernal qui est de l'ordre de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Weber, 2012). Toute température sous cette limite compromettrait la survie des plants à l'hiver. C'est pourquoi, lors des essais, l'efficacité d'une toile de protection hivernale a été suivie à l'aide de sondes de température à enregistrement continu (modèle *HOBO U23 pro v2*). Une toile de type géotextile (*Texel*, Arbo-pro) a servi à abriter les plants. Puisque la toile géotextile n'est pas imperméable, une toile en polyéthylène a également été utilisée pour protéger les plants de l'eau, de la glace et de l'effet asséchant du vent. Le suivi de la température hivernale durant l'hiver 2014-2015 est présenté à la Figure 1.

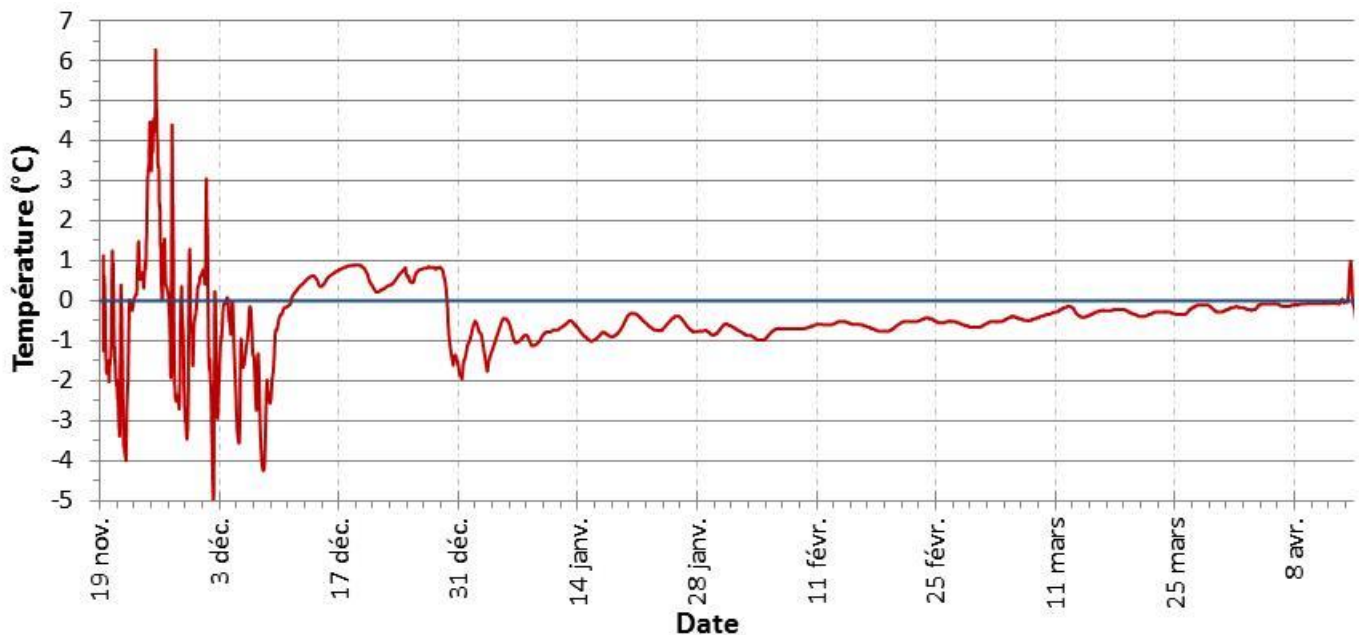


Figure 1. Température de l'air ($^{\circ}\text{C}$) sous la toile de protection hivernale, hiver 2014-2015.

Dans l'ensemble, la combinaison du géotextile et de la toile en polyéthylène a fourni une excellente protection contre le froid de l'hiver. Entre l'installation des sondes et de la toile, soit le 19 novembre, et le 9 et 10 décembre, une certaine variation quotidienne de la température a été observée. Durant cette période, la température de l'air sous la toile a oscillé entre -5 et $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Par la suite, du 9 décembre jusqu'au mois d'avril, la température s'est maintenue stable et a oscillé entre -2 et $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le principe de fonctionnement des toiles de protection hivernales est de fournir une bonne isolation thermique notamment grâce aux propriétés isolantes de la neige. Durant le mois de novembre et au début de décembre, les précipitations de neige ont été peu abondantes, ce qui a limité le facteur isolant de l'installation. Ensuite, durant le 9 et 10 décembre, près de 25 cm de neige sont tombés dans la région de Trois-Rivières (Gouvernement du Canada, 2016). Cette chute de neige a haussé le pouvoir isolant de l'installation, ce qui a permis de maintenir une température de l'air sous la toile stable. Selon les températures observées durant l'hiver 2014-2015, il est possible d'affirmer que les plants n'ont pas souffert de stress thermique causé par des températures trop froides.

Stades phénologiques

Les stades phénologiques ont fait l'objet d'un suivi régulier. À chaque visite, une observation de chacun des plants a été faite. Le ou les stade(s) phénologique(s) a (ont) été décrit(s) selon la proportion observée sur le plant. Par la suite, un stade phénologique moyen pour l'ensemble de la parcelle expérimentale a été désigné (Tableau 3). Les stades phénologiques observés sont ceux décrits par le *Michigan State University Extension* (2016).

Tableau 3. Stades phénologiques du bleuets observés au cours des saisons 2014-2015.

Stades phénologiques	Dates observées (% des plants présentant le stade phénologique)	
	2014	2015
Bouton rose hâtif	21 mai (80 %)	Non observé
Bouton rose tardif	21 mai (20 %)	25 mai (100 %)
Début de la floraison	30 mai (100 %)	25 mai (10 %), 4 juin (100 %)
Pleine floraison	6 juin (50 %)	4 juin (50 %)
Tombée des pétales	6 juin (50 %), 11 juin (90-100 %)	15 juin (95 %)
Premiers fruits verts	11 juin (10-20 %), 19 juin (100 %)	15 juin (75 %), 26 juin (100 %) ¹
Derniers fruits verts	25 juin (85 %)	26 juin (75 %), 8 juillet (100 %)
Coloration des fruits	Fruits avortés	Non observé
10 % de fruits bleus	-	14 juillet
25 % de fruits bleus	-	22 juillet
75 % de fruits bleus	-	4 août, 12 août

¹Peu de plant ont atteint le stade premiers fruits verts

En 2014, les fruits ont pour la grande majorité avortés au stade des fruits verts. À ce stade, les fruits ont arrêté leur croissance et les fruits se sont desséchés par la suite. Certains fruits verts ont également mûri très rapidement et se sont ensuite desséchés. Ainsi, les stades phénologiques plus avancés n'ont pas été observés. À ce jour, les causes exactes de cet arrêt de croissance ne sont pas encore connues, mais l'hypothèse la plus plausible serait un choc lié au rempotage des plants.

En 2015, la situation a été quelque peu différente, car la très grande majorité des plants n'ont pas atteint le stade de fruits verts. La croissance des futurs fruits s'est interrompue soudainement sans qu'il n'y ait de signe avant-coureur. Les conséquences ont toutefois été les mêmes, car peu de plants ont réussi à produire des fruits mûrs. La cause de l'arrêt de croissance des fruits en 2015 semble plus évidente à déterminer qu'en 2014. En effet, l'hypothèse la plus probable et celle qui a été retenue concernent le gel printanier.

Gel printanier 2015

Durant le printemps 2015, les plants de bleuets ont subi un épisode de gel potentiellement dommageable. En fait, durant la nuit du 22 au 23 mai 2015, les températures ont chuté jusqu'à près de -4 °C (Figure 2 et Figure 3).

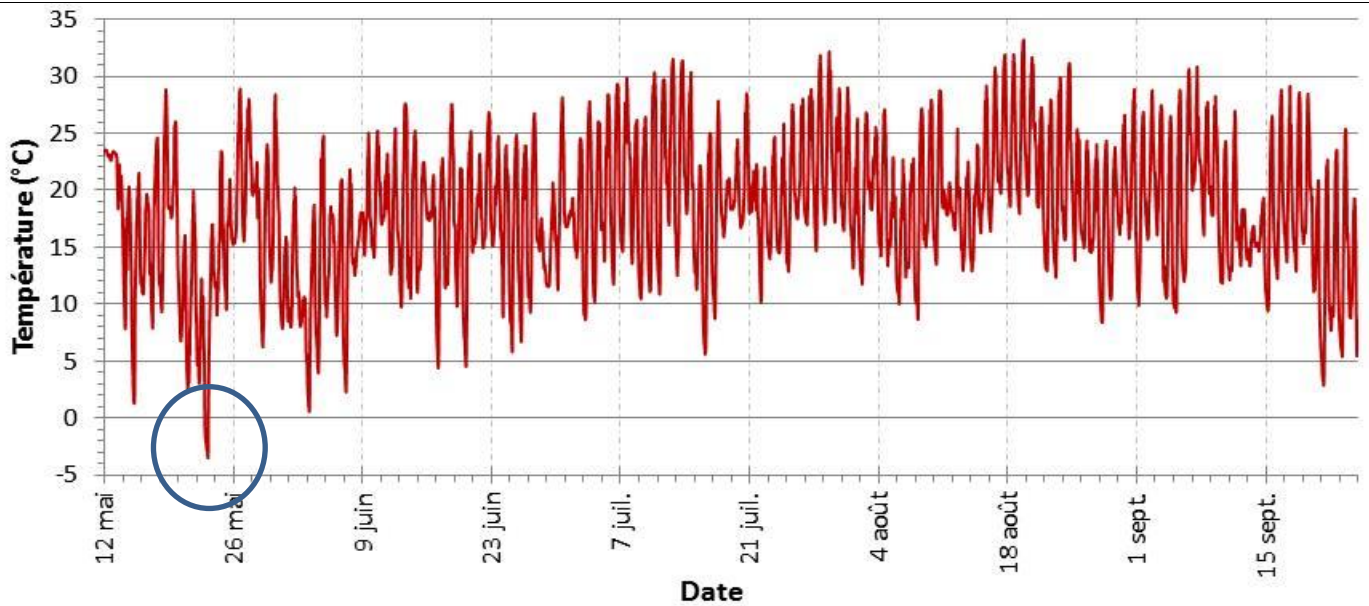


Figure 2. Température de l'air mesurée (°C) à 1,5 m du sol au courant de la saison 2015.

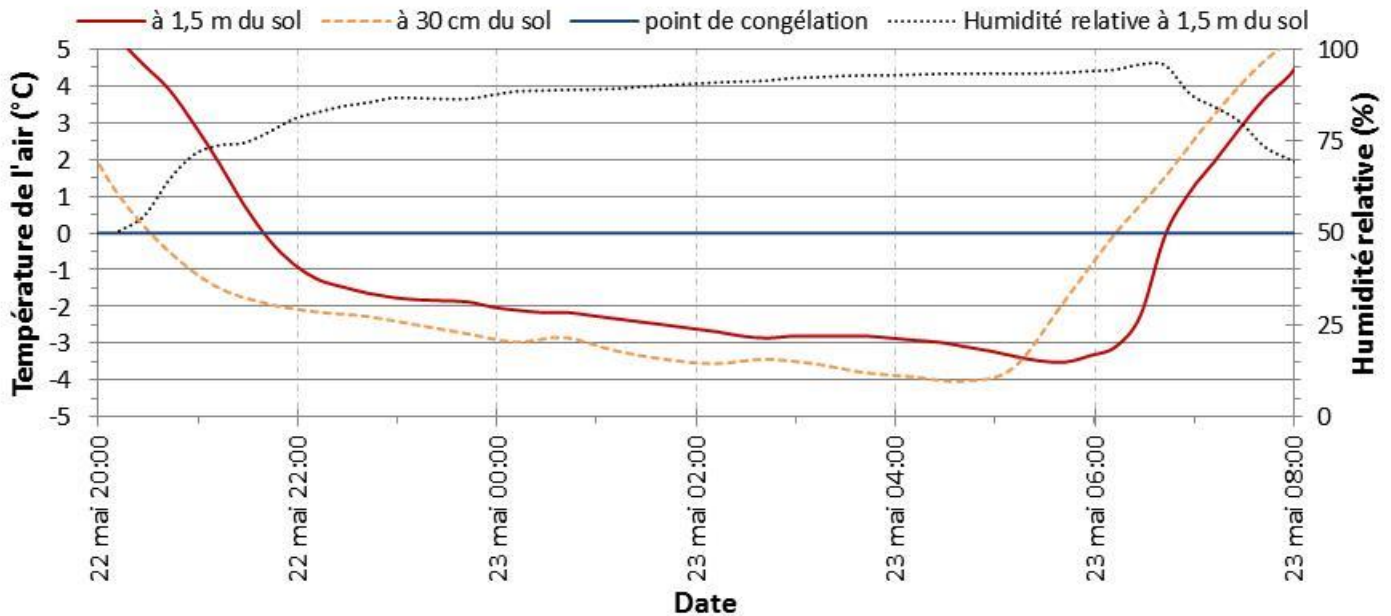


Figure 3. Événement du gel printanier observé entre le 22 et le 23 mai 2015.

À ce moment, le stade phénologique dans plants atteignait vraisemblablement le stade bouton rose tardif en très grande proportion, car au 25 mai 100 % des plants avaient déjà atteint ce stade. La tolérance au gel à ce stade phénologique se situe, selon les cultivars entre -2,8 et -4,4 °C (Michigan State University Extension, 2016). Tout porte à croire que les fleurs ont subi un violent stress causé par une basse température. Comme le démontre la Figure 3, la température a chuté sous la barre dans -2,8 °C pendant une période d'au moins 4 heures consécutives. De plus, les températures minimales enregistrées ont atteint -3,5 °C à 5 h 42 du matin, à 1,5 m du sol et -4 °C à 30 cm du sol survenu peu avant 5 h du matin le 23 mai 2015. Les conditions de température et d'humidité nous portent à croire que le gel était un gel radiatif. En effet, la station météorologique de l'aéroport de Trois-Rivières, située à 6 km du site d'essai, a enregistré des vitesses de vent plutôt faibles, de l'ordre de 5 à 8 km/h, ainsi qu'un point de rosée oscillant entre -2,6 et -4,2 °C entre minuit et 7 h du matin le 23 mai 2015. Ces autres éléments nous portent à croire que les plants auraient pu subir une forme de gel de type « gelée noire » (Barclay Poling, 2008). La gelée noire est un type de gelée qui provoque généralement plus de dommage que la gelée blanche qui permet, elle, de réchauffer les surfaces sur lesquelles le givre se forme (chaleur latente de solidification) (Snyder et de Melo-Abreu, 2005). Les dommages observés sur les fleurs n'ont certes pas été visuellement importants. C'est-à-dire qu'il y a eu peu ou pas d'observation de fleurs tombées ou flétries suite à l'événement. Toutefois, les symptômes causés par le gel peuvent, dans certains

cas, ne pas être facilement distingués et observés. Ainsi, l'événement de gel printanier ainsi que l'arrêt de croissance suite à la pollinisation nous portent à croire que le dommage s'est fait au niveau des organes reproducteurs des fleurs, plus précisément au niveau des pistils. L'hypothèse la plus probante serait que le pistil des fleurs ait été endommagé de telle sorte qu'il empêche toute pollinisation (NC State University Cooperative Extension, 2016). Bien que l'observation des pistils n'a pas fait l'objet d'une observation suite à l'événement de gel, il est impossible d'admettre hors de tout doute que cette hypothèse explique entièrement l'avortement des fruits verts.

Cette situation ne serait peut-être pas survenue si un dispositif de protection contre le gel avait été en place sur le site. Malheureusement, la parcelle expérimentale n'était pas munie d'un dispositif de protection contre le gel (gicleurs, toiles, ventilateur, feu ou autres).

Régie de l'eau

Le nombre d'épisodes d'irrigation et de fertigation ainsi que le volume d'eau pour chacune des huit combinaisons sont présentés au Tableau 4.

Tableau 4. Nombre d'épisodes d'irrigation et fertigation ainsi que le volume d'eau correspondant selon le volume du pot, le type de système d'irrigation et la régie d'irrigation, saison 2014-2015.

Années	Pots	Modes	Régies	Épisodes (irrigation +fertigation) (nb.)	Volume irrigué total (l/pot)
2014	50 l	Arroseur	Sèche	27	126
			Humide	34	123
		Goutteur	Sèche	27	122
			Humide	35	125
	100 l	Arroseur	Sèche	21	88
			Humide	22	89
		Goutteur	Sèche	21	86
			Humide	23	98
2015	50 l	Arroseur	Sèche	45	278
			Humide	34	148
		Goutteur	Sèche	39	231
			Humide	44	205
	100 l	Arroseur	Sèche	34	185
			Humide	33	177
		Goutteur	Sèche	42	243
			Humide	40	222

En 2014, le nombre d'épisodes d'irrigation et le volume d'eau appliqué ont été plus importants avec les pots de 50 l qu'avec les pots de 100 l. En moyenne, 31 épisodes ont été réalisés pour un total de 124 l par pot pour les pots de 50 l tandis que 22 épisodes ont été réalisés pour les pots de 100 l pour un total de 90 l par pot. Par contre, le nombre d'épisodes entre le type de système est pratiquement le même (Figure 4, Figure 5, Figure 6 et Figure 7). En fait, il n'y a qu'avec la régie humide et le système de piquet goutteur qu'il a été nécessaire d'effectuer une irrigation supplémentaire pour maintenir un statut hydrique adéquat (34 irrigations contre 35 irrigations pour les pots de 50 l et 22 irrigations contre 23 irrigations pour les pots de 100 l). En termes de volume d'eau, les écarts obtenus entre les différentes régies d'irrigations, pour un volume de pot donné, sont beaucoup moins prononcés, car les volumes d'eau apportés aux plants ont été ajustés selon les différentes régies d'irrigation. C'est-à-dire qu'un épisode d'irrigation avec la régie humide apportait un volume d'eau plus petit que pour un épisode d'irrigation avec la régie sèche.

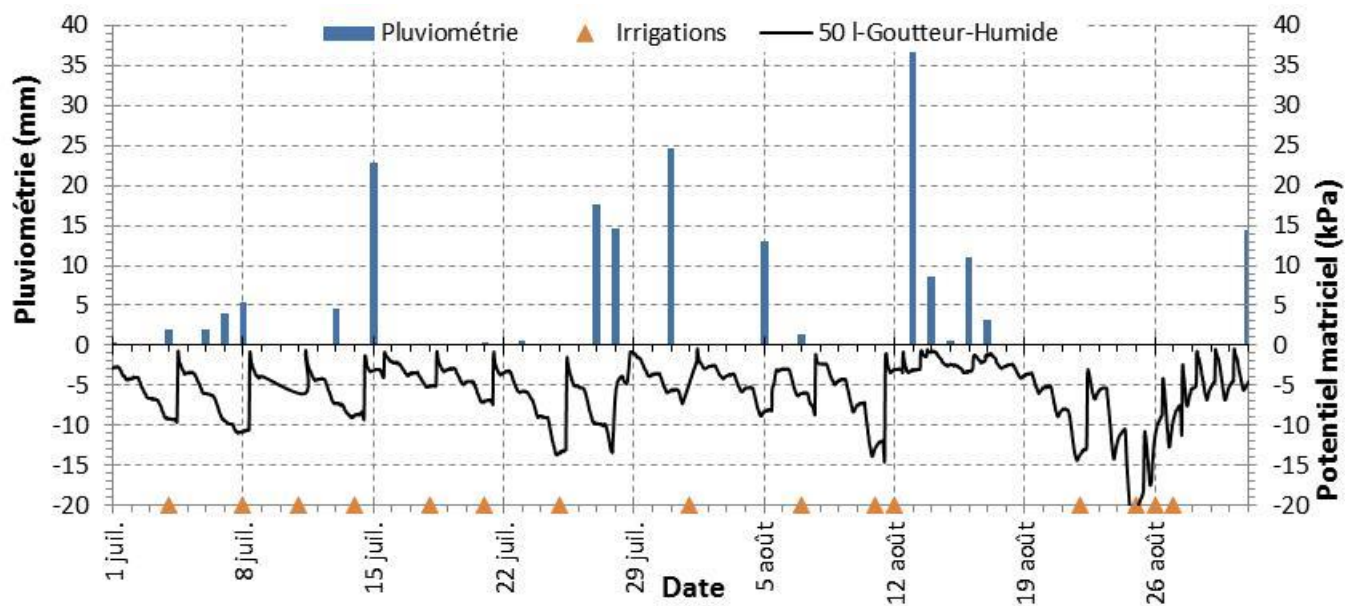


Figure 4. Potential matriciel (kPa), irrigations et pluviométrie (mm), traitement 50 l-Goutteur-Humide, juillet et août 2014.

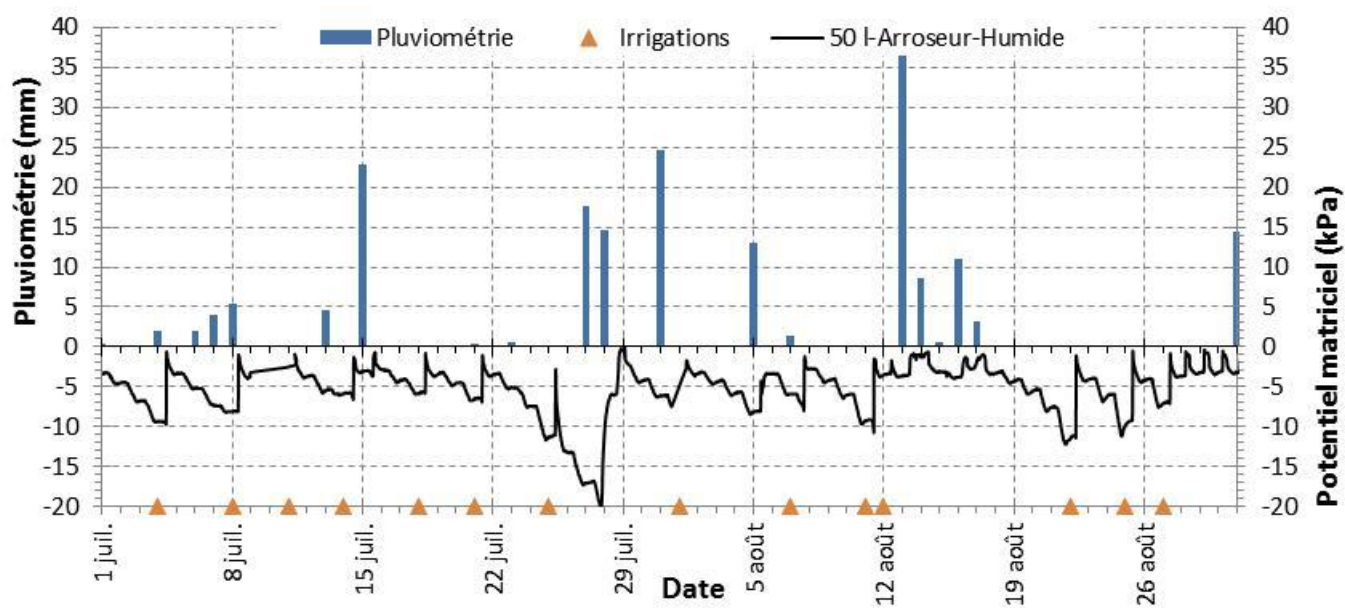


Figure 5. Potential matriciel (kPa), irrigations et pluviométrie (mm), traitement 50 l-Arroseur-Humide, juillet et août 2014.

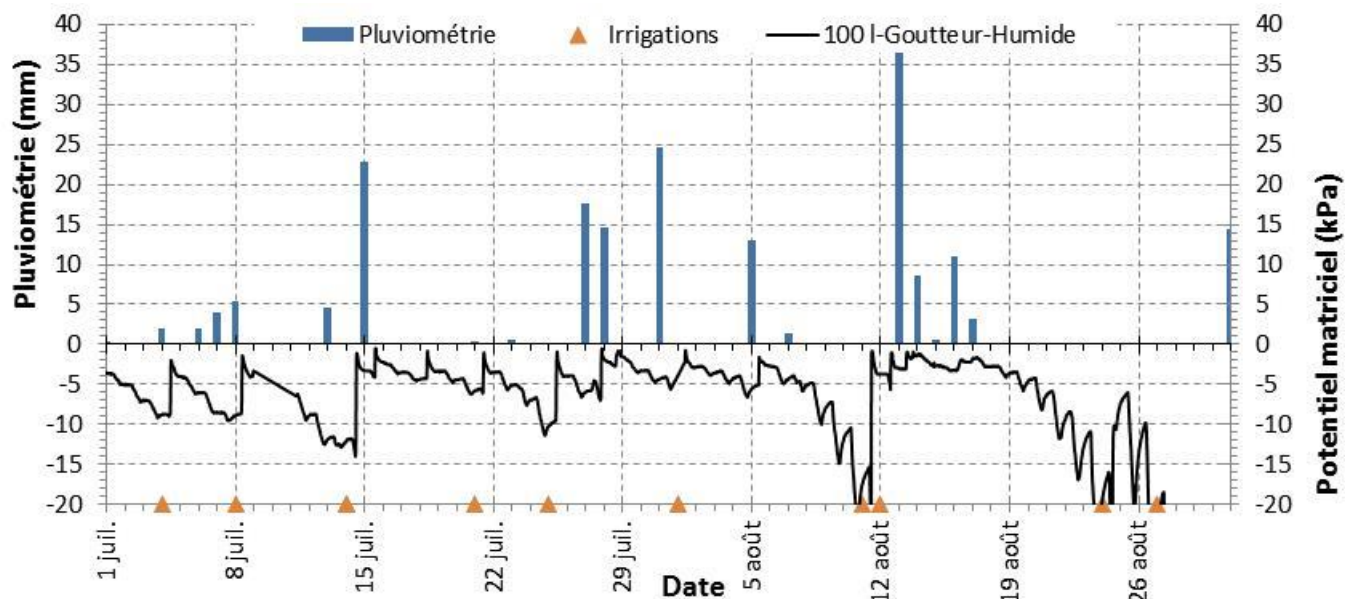


Figure 6. Potentiel matriciel (kPa), irrigations et pluviométrie (mm), traitement 100 l-Goutteur-Humide, juillet et août 2014.

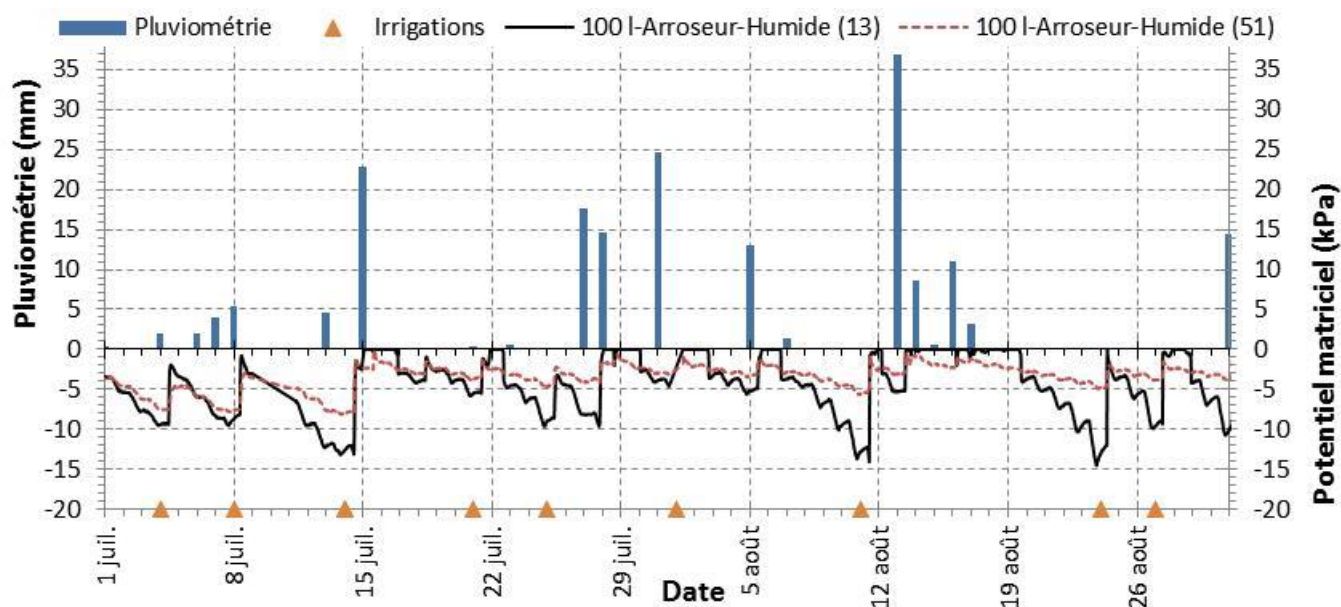


Figure 7. Potentiel matriciel (kPa), irrigations et pluviométrie (mm), traitement 100 l-Arroseur-Humide (pots #13 et 51), juillet et août 2014.

En 2015, la situation a été différente à bien des égards. Tout comme en 2014, le nombre d'épisodes d'irrigation et le volume d'eau appliqué ont été plus importants avec les pots de 50 l qu'avec les pots de 100 l, mais cet écart est beaucoup moins marqué. Le nombre d'épisodes et le volume moyen observés ont été de 41 épisodes et 216 l par pot pour les pots de 50 l et de 37 épisodes et 207 l par pot pour les pots de 100 l. La Figure 8 et la Figure 9 démontrent bien cette situation, car durant les mois de juillet et d'août, il y a eu 13 irrigations pour le traitement avec un pot de 50 l avec une régie humide tandis que le pot de 100 l avec une régie sèche a reçu 12 irrigations durant la même période. Contrairement à 2014, le nombre d'épisodes d'irrigation a été plus élevé pour la régie d'irrigation sèche. En fait, il n'y a eu que le traitement avec un pot de 50 l et le piquet goutteur où la régie humide a reçu plus d'épisodes que la régie sèche. Le volume d'eau nécessaire à chaque irrigation a été déterminé pour qu'il n'y ait pas de lessivage des éléments nutritifs à l'extérieur du pot. Ce faisant, le volume était d'autant plus limitant pour la régie sèche que la régie humide. Ce qui influencé à la hausse le nombre et le volume d'eau liés aux irrigations de la régie sèche.

De manière générale, la demande en eau en 2015 a été beaucoup plus forte qu'en 2014 avec une augmentation de près de 98 % du volume d'eau. Cette forte demande exprime bien le développement et la croissance des plants en 2014. Il est également intéressant de constater que l'écart entre les volumes d'eau irrigués pour les pots de 50 et 100 l tend à diminuer. Ainsi, à ce stade de développement des plants, le pot et le développement racinaire des plants qui en découle ne semblent pas des facteurs limitant l'évapotranspiration des plants. Il faut également mentionner que les tensiomètres ont été en mesure de détecter les précipitations. Ce faisant, pour les deux années du projet, les précipitations ont joué un rôle non négligeable au bon maintien du régime hydrique du substrat, et ce, pour l'ensemble de la durée de la saison.

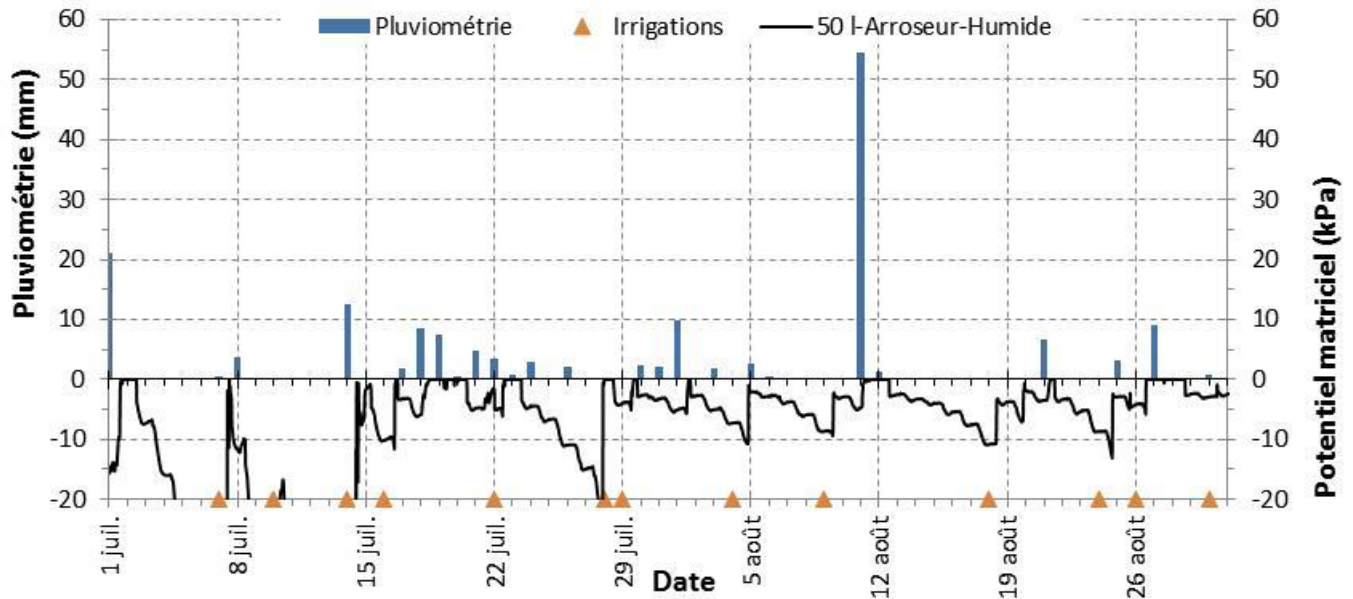


Figure 8. Potentiel matriciel (kPa), irrigations et pluviométrie (mm), traitement 50 l-Arroseur-Humide, juillet et août 2015.

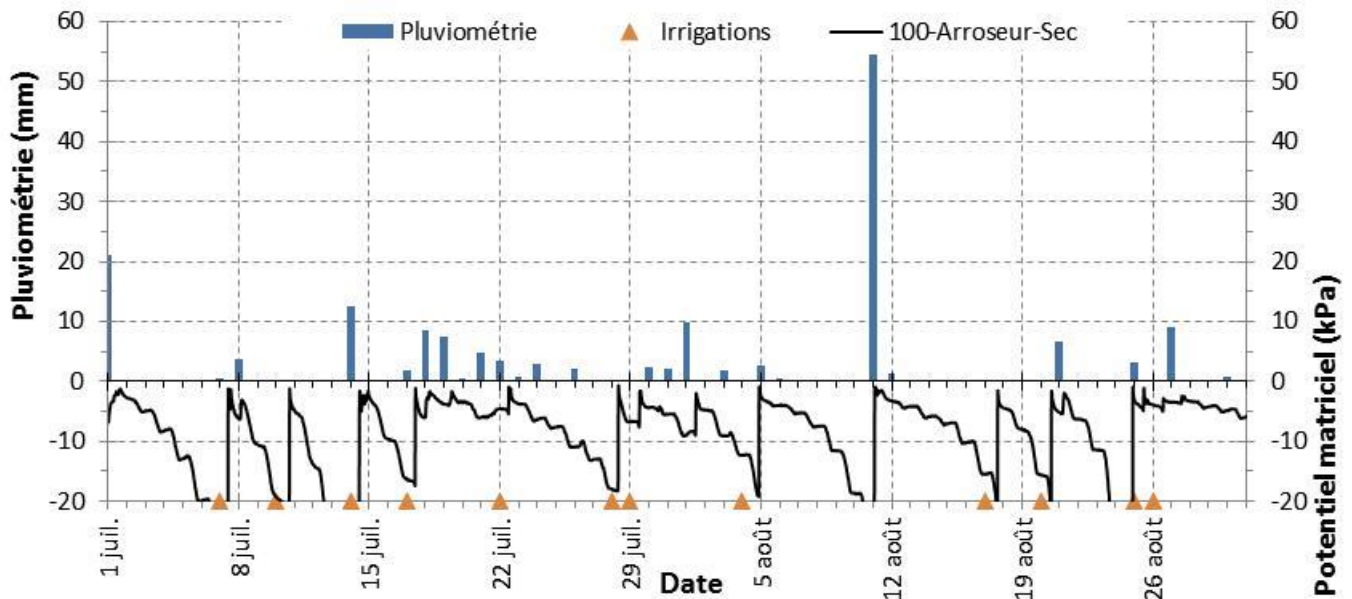


Figure 9. Potentiel matriciel (kPa), irrigations et pluviométrie (mm), traitement 100 l-Arroseur-Humide, juillet et août 2015.

Concentration foliaire en éléments minéraux

L'analyse des principaux éléments majeurs et mineurs sont présentés au Tableau 5 et Tableau 6 .

Tableau 5. Concentration foliaire en éléments majeurs (%) et mineurs (ppm) selon l'année et le type de système d'irrigation.

Années	Modes	Éléments majeurs (%)					Éléments mineurs (ppm)				
		N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Fe	Mn
2014	Arroseur	2,03	0,16	0,85	0,28	0,12	52,0	5,5	25,4	85,2	147,4
	Goutteur	1,98	0,16	0,87	0,35	0,15	54,5	5,3	27,9	81,1	193,8
	Valeur de p	0,33	0,95	0,66	< 0,01	< 0,01	0,48	0,51	0,35	0,47	< 0,01
2015	Arroseur	1,69	0,11	0,76	0,28	0,09	65,1	7,3	13,6	62,5	159,4
	Goutteur	1,64	0,11	0,76	0,29	0,09	62,1	7,5	13,1	62,6	196,3
	Valeur de p	0,32	0,32	0,84	0,33	0,08	0,63	0,54	0,21	0,99	0,01

Tableau 6. Concentration foliaire en éléments majeurs (%) et mineurs (ppm) selon l'année et le volume du pot.

Années	Pots	Éléments majeurs (%)					Éléments mineurs (ppm)				
		N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Fe	Mn
2014	50 l	2,0	0,16	0,82	0,31	0,13	53,3	5,2	29,3	85,1	154,8
	100 l	2,0	0,15	0,89	0,32	0,13	53,2	5,6	24,0	81,3	186,4
	Valeur de p	0,68	0,39	0,07	0,38	0,45	0,97	0,34	0,05	0,51	0,01
2015	50 l	1,71	0,12	0,77	0,27	0,09	61,9	7,7	14,0	62,5	157,9
	100 l	1,63	0,11	0,75	0,30	0,09	65,2	7,0	12,7	62,5	197,7
	Valeur de p	0,08	0,01	0,56	0,12	0,25	0,60	0,11	< 0,01	1	0,01

Au terme de la première saison de l'essai, le type de système d'irrigation est le facteur qui a eu l'impact le plus important sur la concentration foliaire en éléments majeurs et mineurs. En effet, le Ca, le Mg et le Mn se sont retrouvés en plus grande concentration dans les feuilles des plants qui ont été irrigués avec un système avec piquets goutteurs avec des effets statistiquement significatifs (valeur de $p < 0,01$). En 2015, l'effet significatif s'est poursuivi pour le Mg et le Mn seulement, avec des valeurs respectives de p de 0,08 et 0,01.

En 2015, c'est le facteur pot qui a eu le plus d'influence sur la concentration foliaire en éléments nutritifs avec des effets significatifs sur le N, le P, le Zn et le Mn. De plus, une tendance peut être observée pour le Ca et le Cu avec des valeurs respectives de p de 0,12 et 0,11. Le pot de 50 l est un facteur qui a permis d'obtenir des concentrations foliaires plus élevées en N, P et Cu tandis que le pot de 100 l a favorisé la concentration foliaire en Ca et en Mn.

L'analyse de la concentration foliaire en éléments minéraux majeurs et mineurs a également permis de comparer ces valeurs aux concentrations types présentées dans la littérature (Tableau 12, Annexe). En 2014, la concentration foliaire en éléments nutritifs se retrouve dans l'intervalle idéale. De manière générale, la concentration foliaire en éléments nutritifs semble plus faible en 2015 qu'en 2014. En effet, les concentrations foliaires en éléments nutritifs mesurés se situent dans l'intervalle idéal pour le K, Mn, B, Cu et Zn. Les autres éléments se situent, pour la plupart, dans la limite inférieure et seraient à surveiller attentivement (P, Ca, Mg, Fe). Le N total se situe sous la barre des 1,65 % ce qui représente une légère carence de cet élément lorsque les pots avec piquets goutteurs ou de 100 l sont regroupés.

Croissance végétative

La croissance végétative a été un paramètre à l'étude tout au long de la saison. La hauteur finale du plant, l'aire du plant au sol, ainsi que la croissance annuelle des tiges sont présentées au Tableau 7.

Tableau 7. Hauteur finale du plant (cm), aire de ce dernier au sol (cm²) et croissance annuelle (cm) selon l'année et le type de système d'irrigation.

Années	Modes	Hauteur plant (cm)	Aire du plant au sol (cm ²)	Croissance annuelle (cm)
2014	Arroseur	120,3	13 653	23,2
	Goutteur	127,5	12 366	25,0
	Valeur de <i>p</i>	0,01	0,03	0,32
2015	Arroseur	129,4	16 875	26,0
	Goutteur	133,2	16 111	28,8
	Valeur de <i>p</i>	0,21	0,43	0,12

Comme pour le statut nutritionnel des plants, le type de système d'irrigation est le facteur ayant eu l'impact le plus marqué sur le développement du plant, mais pour l'année 2014 seulement. En effet, en 2014, il y a une différence significative en faveur du piquet goutteur pour la hauteur des plants (127,5 vs 120,3 cm) et en faveur du piquet arroseur pour l'aire du plant au sol (13 653 vs 12 366 cm²).

En 2015, il n'y a aucune différence significative pour la croissance annuelle des plants selon le facteur système. Toutefois, la croissance des plants avec un système de type goutteur tend à être plus élevée ($p=0,12$). De plus, la différence de la hauteur du plant observée en 2014 s'estompe en 2015. Les résultats significatifs et les tendances observées montrent un certain avantage du système goutteur sur la croissance des plants.

Par ailleurs, il est intéressant de mentionner que le substrat à base d'écorce a positivement influencé la croissance annuelle de 2014 avec une croissance moyenne de 25,3 cm comparativement à 22,5 cm. Cet écart est significativement différent à une valeur de $p=0,04$. Cependant, aucune différence n'a été observée en 2015.

La concentration en éléments majeurs et mineurs des feuilles des 16 combinaisons de traitements a été mise en relation avec la croissance annuelle de ces mêmes combinaisons à l'aide du coefficient de détermination R². Ce dernier mesure l'ordre de grandeur de la relation entre deux variables. Plus ce coefficient est élevé, plus la variation d'un facteur explique la variation d'un second facteur, dans ce cas-ci la concentration foliaire en éléments et la croissance annuelle. Les valeurs obtenues sont présentées au Tableau 8, selon l'année. Les valeurs de coefficient obtenues sont très faibles. Ce qui indique que le statut nutritionnel des feuilles ne permet pas d'expliquer les croissances annuelles des plants. Il est raisonnable de croire que les plants n'ont pas subi de préjudice conséquent à une légère carence en N (carence observée pour certains plants). De plus, la croissance moyenne des tiges observée que se situe entre 23,2 et 25 cm en 2014 et entre 26 et 28,8 cm en 2015, semble tout à fait conforme, voire supérieure aux croissances normales qui devraient se situer entre 15 et 25 cm lorsque le plant reçoit un apport en eau et en fertilisant adéquat (Pritts et Hancock, 1992).

Tableau 8. Coefficients de détermination (R²) entre les concentrations foliaires en éléments nutritifs (% et ppm) et la croissance annuelle moyenne des tiges (cm).

Années	R ²									
	Éléments majeurs (%)					Éléments mineurs (ppm)				
	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Fe	Mn
2014	0,03	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,11	0,02	0,02	0,00
2015	0,04	0,04	0,00	0,05	0,02	0,01	0,00	0,03	0,00	0,08

Développement racinaire

Le développement racinaire a fait l'objet d'une observation terrain à l'automne 2015. Ainsi, plusieurs plants de différents traitements ont été analysés pour évaluer la croissance racinaire (Photographie 12). Ces analyses ont démontré subjectivement que le système racinaire des plants avait une très bonne croissance, peu importe le type de substrat, le volume du pot, la régie d'irrigation ou le système d'irrigation utilisé. Comme le développement racinaire a semblé tout aussi développé dans un pot comme dans l'autre, le volume racinaire était beaucoup plus important dans les pots de 100 l en comparaison avec les pots de 50 l.

Analyse économique

Il demeure indéniable que la culture hors-sol peut s'avérer une stratégie intéressante pour, par exemple, accroître la durée de l'offre du bleuets en corymbe sur le marché, diversifier l'offre de variété de bleuets en corymbe possédant des qualités organoleptiques à valeur ajoutée ou de proposer une expérience d'autocueillette plus agréable à la clientèle. Le développement de cette filière nécessite une faisabilité technique et économique. À cet effet, une analyse économique partielle a été effectuée pour évaluer les coûts des différents traitements comparés dans le cadre du présent projet (Tableau 9 et Tableau 10). Il ne s'agit pas d'un budget. Pour réaliser une analyse économique exhaustive, d'autres paramètres, propres à chaque entreprise, devront être analysés indépendamment et inclus aux charges proposées (ex. coût du plant, fertilisants, pesticides, pompe, opérations culturales, etc.).

Pour maximiser les bénéfices que la culture en pots procure, il serait possiblement avantageux de passer par l'acquisition de plants de bleuets ayant une rusticité plus faible que celle du *Patriot*, largement cultivé au Québec. Selon, les objectifs visés, le coût d'acquisition des plants peut varier. Le cultivar, l'âge des plants et leur disponibilité ne sont que quelques éléments qui peuvent influencer le coût relatif à l'acquisition. L'ensemble des charges présentées se base sur le système de production du producteur chez qui les essais se sont déroulés. Toutefois, il semblerait que ce type de système soit un système de production régulièrement rencontré chez des producteurs qui cultivent le bleuets en corymbe en pots (Gagnon, 2016). Ainsi, plusieurs éléments considérés comme la densité de plantation, le choix des membranes de sol ou hivernales, le système de protection contre les oiseaux s'inspirent d'un système de production réel et pourraient ne pas être reproductibles dans son intégralité. Le prix du système d'irrigation présenté présente d'une part, les coûts des pièces du système (piquet arroseur ou piquet goutteur) et d'autre part, s'inspire d'une conception réaliste de distribution de l'eau au travers de tuyaux et de canalisations typiques, rencontrés généralement chez les entreprises agricoles. Pour le substrat, le prix projeté considère le prix de la livraison pour des régions à proximité du centre de distribution (Centre-du-Québec, Mauricie, Laurentides, Lanaudière, Montérégie, Chaudière-Appalaches, Capitale-Nationale). Pour des régions plus éloignées par exemple l'Abitibi ou le Saguenay-Lac-St-Jean une majoration du prix est peut-être envisageable.

Il existe une différence importante des coûts considérés entre les différents traitements comparés. En fait, il y a un écart de 5,84 \$ par pot entre le traitement le plus dispendieux et le plus économique, soit une majoration d'un peu plus de 20 % des coûts. Ainsi, le traitement le plus avantageux sur le plan économique est constitué d'un pot de 50 l, d'un substrat d'écorce et d'un système de piquets goutteurs. L'évaluation des charges relatives aux différentes régies d'irrigation n'a toutefois pas fait l'objet d'une analyse précise. Pour le même volume de pot et substrat, la différence de coût entre les différents systèmes d'irrigation est peu prononcée. Par contre, dans un contexte où plusieurs champs seraient implantés, la demande en eau avec un système avec des piquets arroseurs serait trois fois plus élevée qu'avec un système avec piquets goutteurs. Cet aspect devrait être considéré longuement pour évaluer les différentes options relatives aux systèmes d'irrigation, à la puissance de la pompe nécessaire, au temps d'irrigation à prévoir pour chaque champ/parcelle et de la disponibilité de la main-d'œuvre, à la possibilité d'automatiser le système d'irrigation, à l'ajout d'un système de protection contre le gel par aspersion, etc.

Tableau 9. Liste des articles considérés pour l'analyse des coûts relatifs aux traitements comparés dans le projet.

Articles	Coût à l'hectare (\$)	Coût par pot (\$)
Pots 50 l	26 486,84	10,59
Pots 100 l	31 300,00	12,52
Substrat écorce pour pot 50 l	3646,50	1,46
Substrat écorce pour pot 100 l	9504,00	3,80
Substrat coco pour pot 50 l	4862,00	1,94
Substrat coco pour pot 100 l	12 672,00	5,07
Toile protectrice hivernale	8520,77	3,41
Membrane polyéthylène pour l'hiver	2430,00	0,97
Toile protectrice pour sols	7500,00	3,00
Ancrages pour toile protectrice	324,00	0,13
Filet protecteur contre les oiseaux	3325,97	1,33
Poteaux en cèdre pour supporter les filets protecteurs	2040,00	0,82
Fil d'acier galvanisé pour filet	403,14	0,16
Capuchons en plastiques pour poteaux	493,00	0,20
Système irrigation piquets goutteurs (2 par pot)	2510,00	1,00
Système irrigation piquets arroseurs	1925,00	0,77
Tube "spaghetti" pour piquets goutteurs	1365,32	0,55
Tube "spaghetti" pour piquets arroseurs	682,66	0,27
Tuyau principal 4" (piquets arroseurs)	600,00	0,24
Tuyau principal 2" (piquets goutteurs)	300,00	0,12
Tuyaux en polyéthylène 3/4" (piquets arroseurs)	2175,60	0,87
Tuyaux en polyéthylène 1/2" (piquets goutteurs)	1509,90	0,60
Plomberie (piquets arroseurs)	1650,00	0,66
Plomberie (piquets goutteurs)	600,00	0,24

Tableau 10. Coûts (\$) des combinaisons de traitements à l'étude.

Traitements			Coût à l'hectare (\$)	Coût par pot (\$)
Pots	Substrats	Modes		
50 l	Écorce	Arroseur	62 203,48	24,88
50 l	Écorce	Goutteur	61 455,44	24,58
50 l	Coco	Arroseur	63 418,98	25,37
50 l	Coco	Goutteur	62 670,94	25,07
100 l	Écorce	Arroseur	72 874,13	29,15
100 l	Écorce	Goutteur	72 126,09	28,85
100 l	Coco	Arroseur	76 042,13	30,42
100 l	Coco	Goutteur	75 294,09	30,12

Facteurs de considération et autres limites

Il faut également mentionner que les coûts estimés reflètent fidèlement les coûts encourus dans le cadre de ce présent projet. Les coûts n'incluent pas les rabais obtenus lors d'achat en gros ou lors d'achats groupés. Ces économies peuvent, dans une certaine mesure, diminuer les charges présentées dans ce présent rapport. Le coût de la main-d'œuvre n'est pas considéré. De plus, l'analyse économique réalisée dans le cadre de ce projet ne permet pas d'adresser les dépenses reliées aux aspects suivants :

- la préparation du terrain (drainage, nivellement, aménagement de chemins, etc.),
- l'aménagement d'une source d'eau (puit, lac artificiel, infrastructure de pompage à la rivière, etc.),
- le système de pompage,
- le système de filtration de l'eau,
- le système de protection contre le gel (système de gicleurs, toiles ou autres)
- les infrastructures relatives à la production et à la vente (serres, garages, kiosque),
- la machinerie générale (tracteurs, pulvérisateur, chariots),
- l'outillage nécessaire à la production et l'entretien de la bleuetière.

Conclusion

L'analyse économique a permis de démontrer que deux des principaux postes de dépenses étaient les pots et le substrat. À eux seuls, ils accaparent entre 50 et 60 % des coûts considérés* dans l'analyse économique partielle. L'analyse de l'impact de ses facteurs pris individuellement ou de manière groupée a permis de mettre en lumière que ni le substrat, ni le volume du pot n'avaient un réel impact sur la croissance des plants à l'exception d'une croissance des tiges significativement plus importante pour le substrat à base d'écorce, en 2014. En ce qui a trait aux concentrations foliaires en éléments nutritifs, le volume du pot a certes influencé significativement certains éléments, mais aucun de ces éléments n'a pu expliquer les croissances annuelles des plants. De plus, il existe un écart considérable des coûts engendrés par les traitements. À cet effet, le traitement le plus dispendieux engendre des coûts supplémentaires de 5,84 \$ par pot soit près de 15 000 \$ par hectare. Ce montant équivaut au prix que coûteraient près de 600 pots supplémentaires (50-Écorce-Goutteurs). Un pot de 50 l, de par son poids réduit en comparaison avec le 100 l, est plus facile à manipuler lors des travaux d'hivernation. De plus, son plus petit volume permet d'augmenter la densité à l'hivernation et permet de diminuer les charges relatives aux différentes toiles hivernales.

Dans le contexte du projet, le système de piquets gicleurs a été favorable à la nutrition minérale du plant. Tant en 2014 qu'en 2015, il a permis d'augmenter la concentration foliaire en éléments nutritifs de manière significative. De plus, une tendance à l'augmentation de la croissance annuelle des tiges avec le système de piquets goutteurs a été observée, ce qui pousse à croire qu'il procure non seulement une bonne nutrition minérale, mais aussi une bonne distribution de l'eau dans le pot. Outre ces avantages, le système de piquets goutteurs permet de réduire l'évaporation de l'eau en surface du pot, diminuer la demande en puissance de la pompe, réduire les coûts associés aux tuyaux et à la plomberie (diamètre plus petit) et faciliter la gestion des mauvaises herbes. Aussi, le système avec piquets goutteurs pourrait facilement être utilisé entre le moment d'achat des plants et le moment du rempotage dans les pots. Le design du système permet de s'ajuster à différents diamètres de pots, ce qui n'est pas le cas des piquets arroseurs où le rayon d'action est en quelque sorte déterminé. Dans la mesure où le système de production du bleuets en pots comble les besoins nutritifs des plants par la fertigation, le système de piquets goutteurs semble tout indiqué. Toutefois, dans le cas où des engrais granulaires seraient utilisés, le système de piquets arroseurs deviendrait intéressant à utiliser.

À la lumière des résultats et dans le cadre de ce projet, il est difficile de justifier tant économiquement qu'agronomiquement l'utilisation de pots de 100 l, du substrat à base de morceaux et de fibres de coco ainsi que le système de piquets arroseurs. Donc, le traitement comportant l'utilisation du pot de 50 l, du substrat à base d'écorce et le système à piquets goutteurs procurent le plus de bénéfices. Toutefois, il est important de mentionner que ce système de production implique certains risques à considérer. Par exemple, plus la dimension du pot sera réduite, plus la capacité d'emmagasiner de l'eau sera diminuée également. Il en résulte donc une régie de l'irrigation et un suivi plus exigeant. De plus, à ce jour, il réside encore une incertitude concernant la durée de vie des substrats. Le volume du substrat est-il un élément important qui influencera la durée de vie du substrat? Quels seront les coûts reliés au rempotage?

Ce projet a fourni des éléments de réponses concrets sur certains des aspects de la production du bleuets en pots au Québec. Mais pour l'instant, certaines questions restent entières. À l'inverse des cultures annuelles, la culture du bleuets en pots doit s'inscrire dans un cycle de production sur plusieurs années. Cet aspect de longévité apporte une difficulté supplémentaire à fournir des conclusions qui perdureront dans le temps. Néanmoins, il est fort à parier que le développement de la culture en pots, de par les avantages qu'elle procure, risque de continuer à gagner en popularité.

* Les coûts considérés sont présentés au Tableau 9. Entre autres, ces derniers exclus : plant, fertilisants, pesticides, pompe, opérations culturales, etc.

Références

- Barclay Poling, E. 2008. Spring Cold Injury to Winegrapes and Protection Strategies and Methods. Hortscience, Volume 43, No. 6, p. 1652-1662.
- 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.
- Gagnon, E. 2016. Agronome et représentante technique chez Farfard et Frères, [Communication personnelle].
- Gauthier, N.W. et C. Kaiser. 2013. Midwest Blueberry Production Guide. Cooperative extension service, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment, 54 p.
- Gouvernement du Canada. 2016. Rapport de données quotidiennes pour décembre 2014. Données climatiques [En ligne], http://climate.weather.gc.ca/climateData/dailydata_f.html?timeframe=2&Prov=QC&StationID=52138&dlyRange=2014-01-04|2016-02-01&Year=2014&Month=12&Day=01, consultée le 27 janvier 2016.
- Isaac, R.A. et W.C. Johnson. 1976. Determination of total nitrogen in plant tissues using a block digester. J. Ass. Off. Anal. Chem., Volume 69, p. 98-101.
- Krewer, D.G. et D.S. NeSmith, non daté. Blueberry fertilization in soil, University of Georgia Ext. Fruit Publication 01-1, 14 p. [En ligne], <http://www.smallfruits.org/blueberries/production/blueberryfert.pdf>, consultée le 27 janvier 2016.
- Leclair, N. 2016. Propriétaire de la ferme Horticole St-Nicolas, [Communication personnelle].
- Michigan State University Extension. 2016. Blueberries – Growth stages table. [En ligne], http://msue.anr.msu.edu/topic/blueberries/growing_blueberries/growth_stages_table, consultée le 27 janvier 2016.
- Mills, H.A., J. Benton, et Jr. Jones. 1997. Plant Analysis Handbook II : A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide, MicroMacro Publishing, 422 p.
- NC State University Cooperative Extension. 2016. Blueberry Freeze Damage and Protection Measures, [En ligne], <http://content.ces.ncsu.edu/blueberry-freeze-damage-and-protection-measures>, consultée le 27 janvier 2016.
- Plank, C.O. et D.E. Kissel. 1989. Plant analysis handbook for Georgia. Athens (GA): University of Georgia, Cooperative Extension Service, 64 p., [En ligne], <http://aesl.ces.uga.edu/publications/plant/BlueberrySoil.asp>, consultée le 27 janvier 2016.
- Pritts, M.P. et J.F. Hancock. 1992. Highbush Blueberry Production Guide. NRAES-55, 200 p.
- Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP). 2015. Avertissement N° 13 – Petits fruits – 17 juillet 2015, 5 p.
- Snyder, R.L. et J.P. de Melo-Abreu. 2005. Frost Protection: fundamentals, practice, and economics. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), [En ligne], <http://www.fao.org/docrep/008/y7223e/y7223e00.htm#Contents>, consultée le 27 janvier 2016.
- Weber, C. 2012. Blueberry Variety Review, Berry Ressources - Cornell University, 4 p., [En ligne], <http://www.fruit.cornell.edu/berry/production/pdfs/bbcultreview2012.pdf>, consultée le 27 janvier 2016.

Photographies



Photographie 1. Installation de la toile sur le sol (printemps 2014).



Photographie 2. Mise en place du système d'irrigation.



Photographie 3. Rempotage des plants.



Photographie 4. Piquet arroseur en action.



Photographie 5. Piquet goutteur en action.



Photographie 6. Piquets goutteurs en action.



Photographie 7. Installation des tensiomètres dans les pots.



Photographie 8. Installation finale du filet protection contre les oiseaux.



Photographie 9. Hivernation des plants.



Photographie 10. Installation finale de la toile de protection hivernale.



Photographie 11. Taille printanière des plants.



Photographie 12. Observations du développement racinaire des plants.

Annexes

Pluviométrie

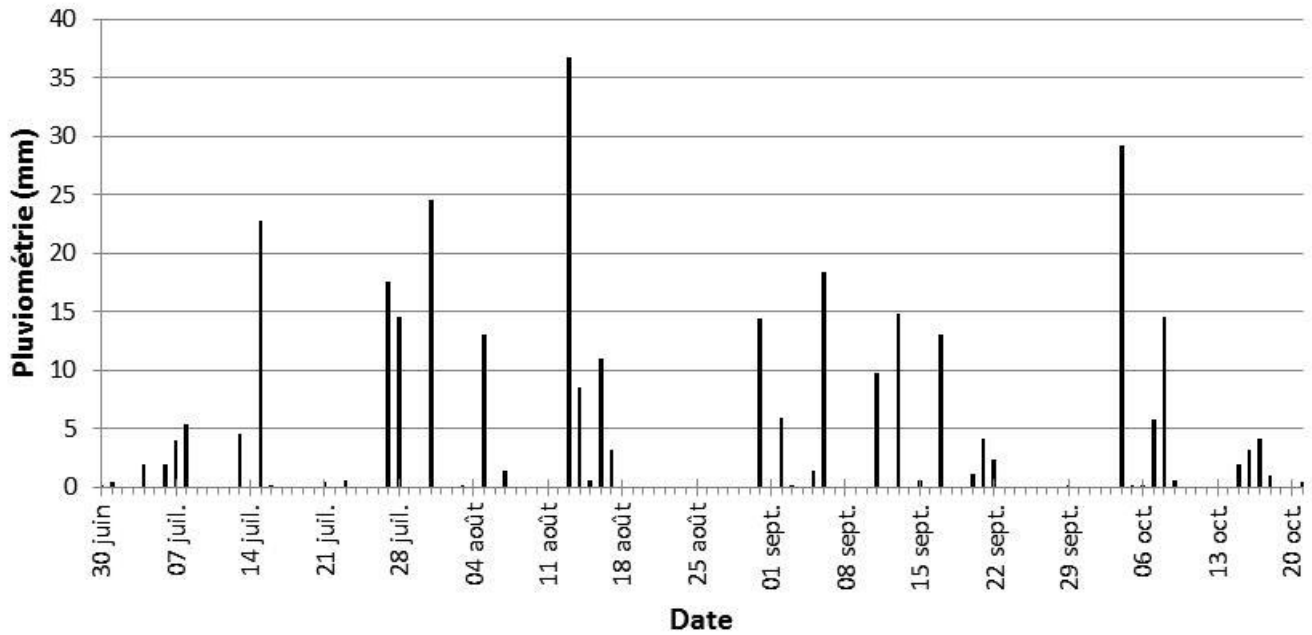


Figure 10. Pluviométrie mesurée (mm), saison 2014.

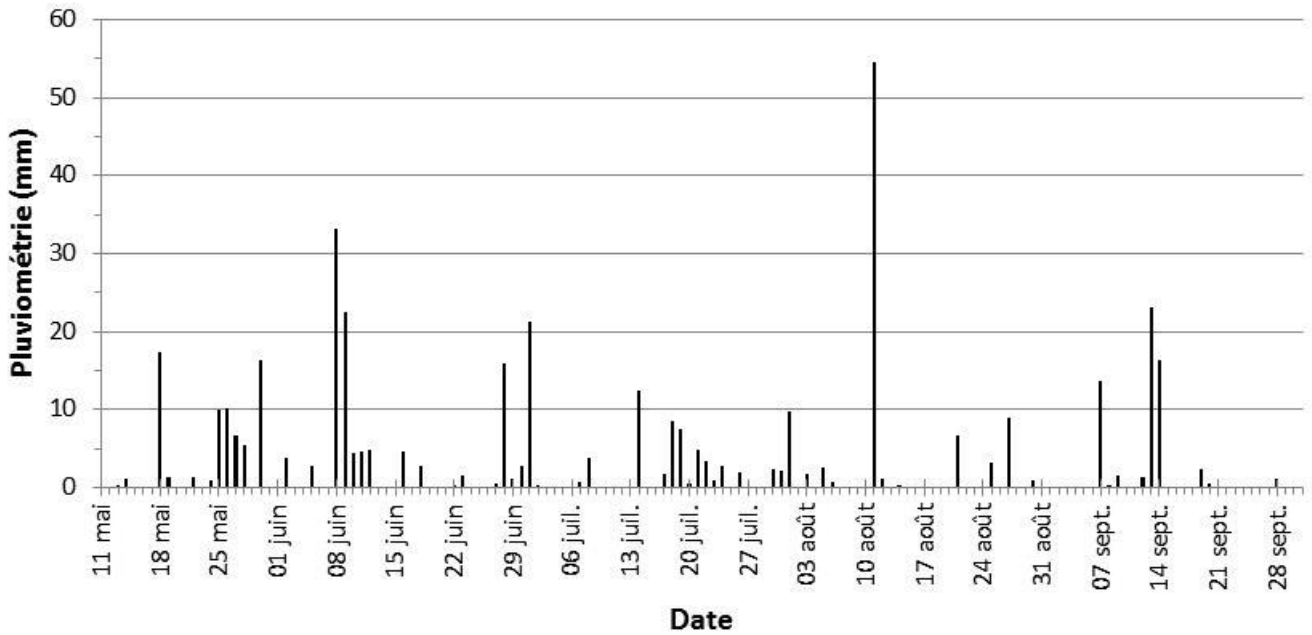


Figure 11. Pluviométrie mesurée (mm), saison 2015.

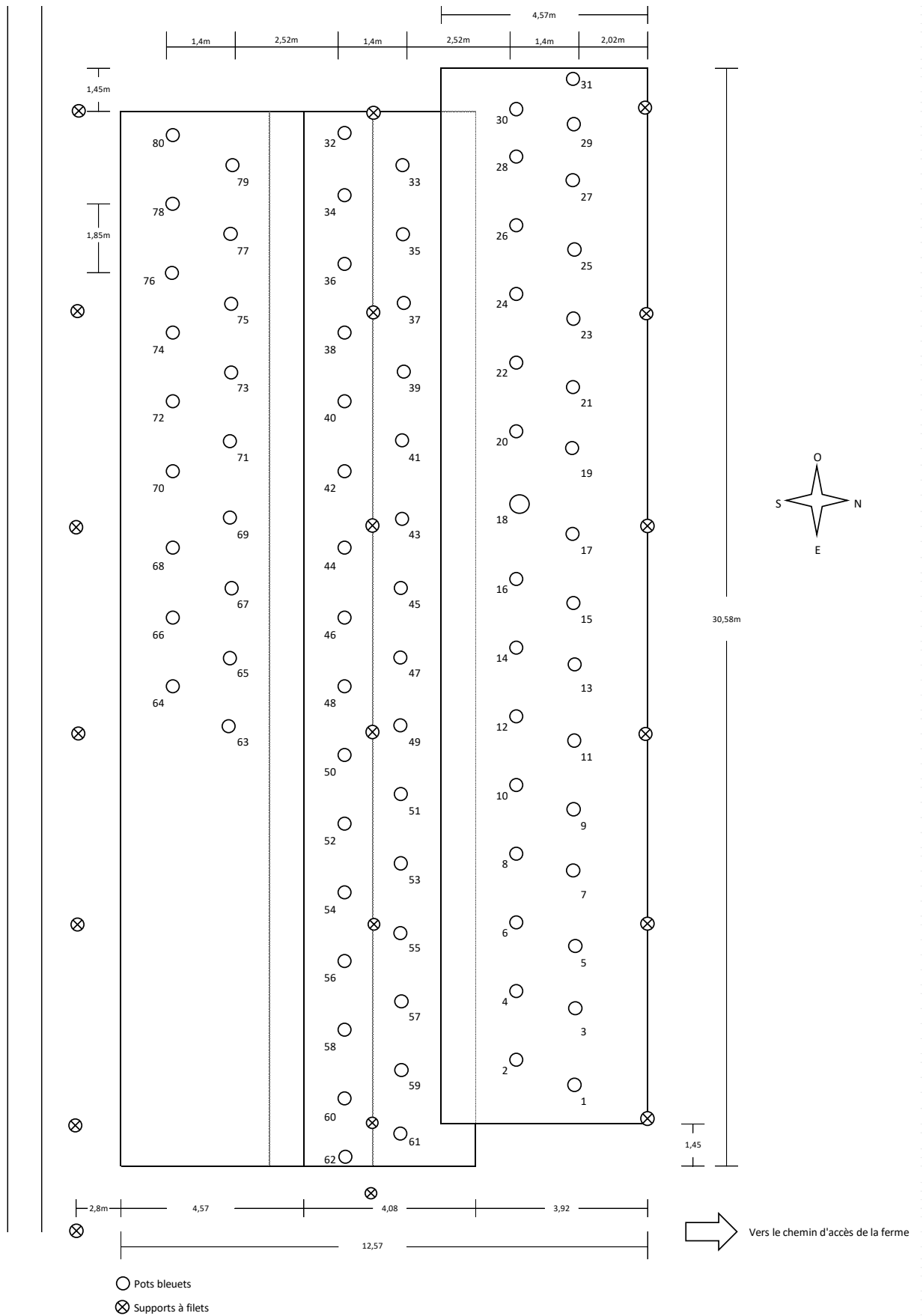


Figure 12. Plan et dimensions du dispositif expérimental du projet, saisons 2014 et 2015.

Tableau 11. Détail des traitements effectués sur les pots.

# de pot	Pots	Substrats	Modes	Régies	Répétition	# de pot	Pots	Substrats	Modes	Régies	Répétition
1	50 l	écorce	arroseur	sèche	1	41	100 l	écorce	arroseur	sèche	2
2	100 l	écorce	goutteur	humide	1	42	100 l	coco	arroseur	sèche	3
3	50 l	coco	goutteur	sèche	1	43	100 l	coco	goutteur	humide	3
4	50 l	écorce	goutteur	sèche	1	44	100 l	écorce	goutteur	humide	4
5	50 l	coco	goutteur	humide	1	45	50 l	écorce	arroseur	sèche	4
6	100 l	coco	arroseur	sèche	1	46	50 l	coco	arroseur	sèche	2
7	100 l	écorce	goutteur	sèche	1	47	50 l	coco	goutteur	humide	4
8	100 l	coco	goutteur	sèche	1	48	100 l	coco	goutteur	sèche	3
9	50 l	écorce	goutteur	sèche	2	49	50 l	coco	goutteur	sèche	4
10	100 l	coco	goutteur	humide	1	50	100 l	coco	arroseur	humide	3
11	100 l	écorce	arroseur	sèche	1	51	100 l	coco	arroseur	humide	4
12	50 l	coco	goutteur	humide	2	52	50 l	coco	goutteur	humide	5
13	100 l	coco	arroseur	humide	1	53	100 l	écorce	arroseur	sèche	3
14	50 l	écorce	arroseur	sèche	2	54	50 l	coco	arroseur	sèche	3
15	100 l	coco	goutteur	humide	2	55	100 l	écorce	arroseur	humide	2
16	50 l	écorce	goutteur	sèche	3	56	50 l	coco	arroseur	humide	4
17	50 l	écorce	arroseur	sèche	3	57	100 l	coco	arroseur	humide	5
18	50 l	coco	arroseur	humide	1	58	100 l	écorce	goutteur	sèche	4
19	50 l	écorce	goutteur	humide	1	59	100 l	écorce	arroseur	sèche	4
20	50 l	écorce	arroseur	humide	1	60	100 l	écorce	goutteur	sèche	5
21	50 l	coco	arroseur	humide	2	61	50 l	écorce	arroseur	humide	4
22	100 l	coco	goutteur	sèche	2	62	50 l	écorce	goutteur	humide	5
23	50 l	coco	goutteur	sèche	2	63	100 l	écorce	arroseur	humide	3
24	100 l	écorce	goutteur	humide	2	64	100 l	coco	goutteur	sèche	4
25	100 l	écorce	goutteur	sèche	2	65	100 l	coco	arroseur	sèche	4
26	50 l	écorce	arroseur	humide	2	66	100 l	écorce	arroseur	humide	4
27	50 l	coco	goutteur	sèche	3	67	100 l	écorce	goutteur	humide	5
28	100 l	écorce	goutteur	humide	3	68	100 l	coco	goutteur	humide	4
29	50 l	écorce	goutteur	humide	2	69	100 l	écorce	arroseur	humide	5
30	50 l	écorce	goutteur	humide	3	70	50 l	écorce	arroseur	sèche	5
31	50 l	écorce	arroseur	humide	3	71	50 l	coco	arroseur	sèche	4
32	100 l	écorce	goutteur	sèche	3	72	100 l	coco	arroseur	sèche	5
33	50 l	écorce	goutteur	humide	4	73	50 l	coco	arroseur	humide	5
34	100 l	coco	arroseur	humide	2	74	100 l	écorce	arroseur	sèche	5
35	50 l	écorce	goutteur	sèche	4	75	50 l	coco	arroseur	sèche	5
36	50 l	coco	goutteur	humide	3	76	50 l	coco	goutteur	sèche	5
37	100 l	écorce	arroseur	humide	1	77	50 l	écorce	goutteur	sèche	5
38	50 l	coco	arroseur	humide	3	78	50 l	écorce	arroseur	humide	5
39	100 l	coco	arroseur	sèche	2	79	100 l	coco	goutteur	sèche	5
40	50 l	coco	arroseur	sèche	1	80	100 l	coco	goutteur	humide	5

Tableau 12. Niveaux de concentration foliaire en éléments nutritifs pour le bleuet en corymbe (*Vaccinium corymbosum*) généralement cités dans la littérature.

Éléments	Carence			Limite inférieure				Limite supérieure					Excès			
	Référence															
	1	3	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	3	5
Majeurs (% , sur une base sèche)																
Azote (N)	1,65	1,7	1,7	1,7	1,45	1,8	1,8	1,7	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,5	2,5	2,3
Phosphore (P)	0,06	0,1	0,08	0,07	0,1	0,12	0,12	0,1	0,18	0,4	0,4	0,4	0,4	0,22	0,8	0,6
Potassium (K)	0,35	0,3	0,35	0,4	0,4	0,35	0,35	0,4	0,65	0,9	0,65	0,65	0,65	0,8	0,95	0,9
Calcium (Ca)	0,25	0,13	0,13	0,3	0,35	0,4	0,4	0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1	1
Magnésium (Mg)	0,18	0,08	0,1	0,2	0,12	0,12	0,12	0,15	0,3	0,4	0,25	0,25	0,3	0,4	0,45	0,4
Mineurs (ppm, sur une base sèche)																
Fer (Fe)	65	60	60	70	35	60	60	60	300	200	200	200	200	400	400	400
Manganèse (Mn)	45	23	25	50	40	50	50	50	500	600	350	350	350	650	450	450
Bore (B)	29	20	20	30	25	30	30	30	50	75	70	70	70	65	200	200
Cuivre (Cu)	4	5	5	5	4	5	4	5	15	20	20	20	20	20	100	-
Zinc (Zn)	9	8	8	15	10	8	8	8	30	100	30	30	30	40	80	80

¹ Penn State University Agricultural Analytical Services Lab cité dans (Gauthier et Kaiser, 2013)

² (Mills et coll., 1997)

³ (Krewer et NeSmith, non daté),

⁴ (Plank et Kissel, 1989),

⁵ (Pritts et Handcock, 1992)

Tableau 13. Analyse SSE en éléments minéraux, pH et conductivité des substrats en 2014.

Pots	Substrats	Modes	Régies	N-NH ₄ (mg/kg)	N-NO ₃ (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	pH	Conductivité (uS/cm) à 25 °C
50	coco	goutteur	sèche	72,95	49,52	115,00	280,00	257,00	48,50	11,40	-	-	-	-	4,94	192,00
50	écorce	goutteur	sèche	111,36	89,05	116,00	539,00	173,00	34,30	28,40	-	-	-	-	5,11	272,00
50	coco	goutteur	humide	97,47	32,78	139,00	270,00	298,00	59,00	12,90	-	-	-	-	5,07	182,00
50	écorce	goutteur	humide	35,26	22,91	56,90	119,00	197,00	37,00	9,58	-	-	-	-	4,97	149,00
50	coco	arroseur	sèche	97,09	104,20	106,00	423,00	172,00	27,90	23,50	-	-	-	-	5,21	290,00
50	écorce	arroseur	sèche	86,96	99,29	96,10	399,00	162,00	28,30	21,60	-	-	-	-	5,19	264,00
50	coco	arroseur	humide	107,36	88,03	127,00	764,00	195,00	29,50	21,00	-	-	-	-	5,17	296,00
50	écorce	arroseur	humide	67,24	41,23	93,30	334,00	179,00	33,90	17,10	-	-	-	-	4,92	191,00
100	coco	goutteur	sèche	38,14	21,36	70,00	172,00	218,00	40,30	7,74	-	-	-	-	5,05	94,00
100	écorce	goutteur	sèche	33,15	19,11	57,00	164,00	156,00	27,60	13,70	-	-	-	-	5,12	139,00
100	coco	goutteur	humide	47,91	37,22	86,00	222,00	220,00	40,40	9,21	-	-	-	-	5,21	167,00
100	écorce	goutteur	humide	25,73	21,26	52,60	92,30	168,00	29,90	12,50	-	-	-	-	5,09	115,00
100	coco	arroseur	sèche	46,42	35,64	84,70	360,00	174,00	27,40	10,80	-	-	-	-	5,08	203,00
100	écorce	arroseur	sèche	74,07	54,02	86,30	301,00	182,00	29,50	12,60	-	-	-	-	4,99	170,00
100	coco	arroseur	humide	82,51	75,24	99,50	269,00	162,00	26,80	10,70	-	-	-	-	5,22	162,00
100	écorce	arroseur	humide	86,81	101,32	105,00	370,00	202,00	37,60	15,30	-	-	-	-	4,94	211,00

Tableau 14. Analyse SSE en éléments minéraux, pH et conductivité des substrats en 2015.

Pots	Substrats	Modes	Régies	N-NH ₄ (mg/kg)	N-NO ₃ (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	pH	Conductivité (uS/cm) à 25 °C
50	coco	goutteur	sèche	31,6	123	85,028	605	264	56,4	52,4	0,11	9,08	0,67	5,32	4,6	1111
50	écorce	goutteur	sèche	18,8	28,1	60,357	380	283	33,3	20,5	0,11	3,37	0,48	2,89	5,94	626
50	coco	goutteur	humide	19,2	16	54,751	382	355	91,1	66,7	0,11	14,51	0,89	11,15	4,32	1197
50	écorce	goutteur	humide	21,5	54,7	67,503	386	216	28,1	19,3	0,07	3,24	0,42	2,57	5,17	547
50	coco	arroseur	sèche	32,8	127	126,303	651	333	72,6	59,6	0,10	14,23	0,61	6,02	4,5	1238
50	écorce	arroseur	sèche	38	250	85,865	541	256	31,4	18,6	0,06	2,32	0,33	2,70	4,99	912
50	coco	arroseur	humide	48,5	297	84,58	595	330	34,9	25,2	0,08	4,66	0,35	3,50	4,98	1198
50	écorce	arroseur	humide	33,3	226	87,141	759	303	23,4	27,9	0,17	5,18	0,58	2,22	6,88	1031
100	coco	goutteur	sèche	17,6	2,6	38,511	157	205	38,3	26,3	0,03	2,41	0,36	3,32	4,94	545
100	écorce	goutteur	sèche	13,6	0,84	40,833	236	193	27,2	12,7	0,08	3,64	0,56	5,90	4,54	450
100	coco	goutteur	humide	12,9	1,21	29,989	116	167	31,9	17,6	0,03	2,14	0,22	2,32	4,91	436
100	écorce	goutteur	humide	19,2	6,53	54,793	168	175	27,7	9,96	0,04	2,51	0,35	3,66	4,83	387
100	coco	arroseur	sèche	22,2	84,9	41,517	262	174	28,1	22,3	0,04	2,53	0,24	1,89	4,89	617
100	écorce	arroseur	sèche	30,4	260	68,98	503	336	34,2	16,1	0,04	2,22	0,33	3,86	5,06	1032
100	coco	arroseur	humide	23,9	94,5	51,281	326	131	23	16	0,04	3,43	0,26	2,85	4,61	634
100	écorce	arroseur	humide	39,7	187	88,042	480	213	22,6	16	0,07	2,04	0,37	3,17	5,18	834

PROGRAMME
INNOV'
ACTION
AGROALIMENTAIRE

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT