



UTILISATION D'UNE COMBINAISON DE FRASS ET D'ACTI-SOL À TITRE DE FERTILISANT DANS LA CULTURE DU BLEUET SAUVAGE AU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN



Réalisé par :
Charles A. D. Bouchard, Biologiste (M. Sc.), Club Conseil Bleuets
et Anne Schmitt, Biologiste (M.Sc.), Club Conseil Bleuets

Octobre 2024

Table des matières

Table des matières	2
Introduction	3
Matériels et méthode	4
<i>Dispositif</i>	4
<i>Variables mesurées</i>	5
Résultats	8
Hauteur des plants	8
Potentiel de rendement	9
Taux de mise à fruits	10
Rendement.....	11
Discussion et conclusion	12
Références	16
Annexes	18
Annexe 1	18
Annexe 2	18
Annexe 3	19
Annexe 4	21
Densité des plants.....	21
Pourcentage de maladies	22
Analyses de sol.....	23

Introduction

Depuis plusieurs années, les producteurs de bleuets nains cherchent à réduire leur impact environnemental. Pour y arriver, plusieurs d'entre eux font la transition vers une régie biologique. De cette façon, ils appliquent des fertilisants biologiques au lieu de fertilisants chimiques traditionnels. Toutefois, il existe peu d'alternatives biologiques aux fertilisants chimiques et leurs effets sont variables à court terme et se reflètent donc difficilement sur les rendements (Wang *et al.* 2018). Une nouvelle alternative peu connue à ce jour est le Frass, un fertilisant constitué de résidus de croissance de larves de mouches soldats noires, comprenant notamment l'exosquelette provenant de la mutation des larves ainsi que les restants alimentaires non consommés. Ce produit contient des nutriments et des microorganismes qui améliorent la croissance de la plante ainsi que sa tolérance aux stress abiotiques (Souza-Vandenberghe *et al.* 2017).

Dans la nature, le Frass fait partie intégrante du cycle des nutriments échangés entre le sol et les plantes. Comme il se minéralise rapidement et qu'il contient des nutriments rapidement disponibles pour la plante, il est un fertilisant naturel efficace (Houben *et al.* 2020). De plus, il a été démontré qu'en le produisant dans un environnement contrôlé, il est possible de modifier le régime alimentaire des insectes qui le produise. Cette méthode permet de corriger le contenu nutritionnel du fertilisant, afin de l'adapter aux besoins de différentes cultures (Poveda *et al.* 2019).

Dans cette étude, différentes doses de Frass (3-2-2) ont été utilisées en combinaison avec différentes doses d'Acti-Sol (5-3-2), le fertilisant généralement utilisé par les producteurs de bleuets biologiques. Les résultats ont été comparés à ceux obtenus avec de l'Acti-Sol utilisé seul ainsi qu'un fertilisant chimique utilisé en régie conventionnelle (15-10-10) et un contrôle sans fertilisant. L'objectif de la présente étude est de documenter l'effet du Frass, combiné à l'Acti-Sol, à titre de fertilisant dans la culture du bleuet nain.

Matériels et méthode

Dispositif

Deux dispositifs contenant 32 parcelles (8 traitements × 4 répétitions) ont été implantés, l'un à la Bleuetière d'Enseignement et de Recherche de Normandin (BER) et l'autre à la Bleuetière coopérative de Notre-Dame-de-Lorette. Les traitements étudiés comprenaient un témoin, un traitement biologique traditionnel (Acti-Sol 5-3-2), un traitement minéral traditionnel (15-10-10) ainsi que cinq différentes combinaisons de Frass (3-2-2) et d'engrais biologiques (Acti-Sol 5-3-2) (Tableau 1). Chacune des parcelles mesurait 5 m x 5 m et étaient séparées par des bordures de 2 m (Figure 1). De plus, la zone d'échantillonnage était de 1 m² au centre de chacune des parcelles (Figure 1).

Tableau 1 : Description des traitements étudiés.

Traitements	Dose d'engrais (kg/ha)	# Traitements
Témoin	Aucun	0
ACTISOL 100 %	750	1
FRASS 5 % + ACTISOL 95 %	67,2 Frass + 712,5 Acti-Sol	2
FRASS 10 % + ACTISOL 90 %	134,4 Frass + 675 Acti-Sol	3
FRASS 15 % + ACTISOL 85 %	201,6 Frass + 637,5 Acti-Sol	4
FRASS 20 % + ACTISOL 80 %	268,8 Frass + 600 Acti-Sol	5
FRASS 25 % + ACTISOL 75 %	336 Frass + 562,5 Acti-Sol	6
Engrais minéral 100 %	195	7

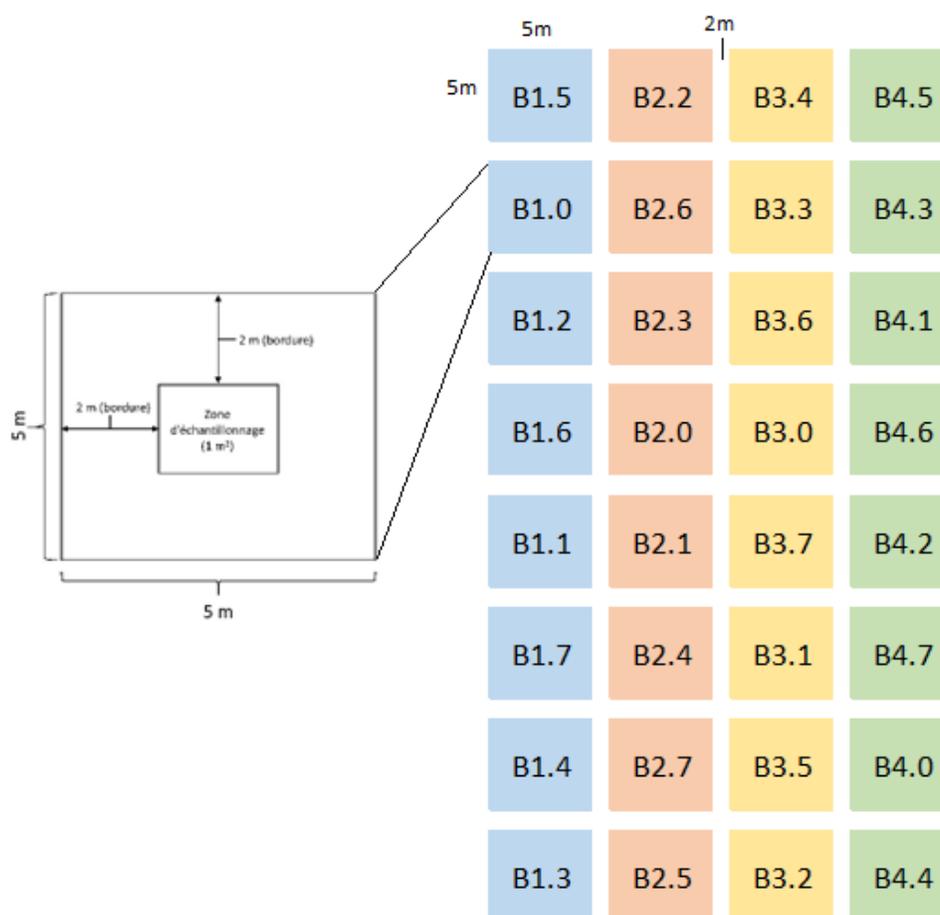


Figure 1. Schéma d'une parcelle ainsi que du dispositif.

Variables mesurées

Les variables ont été mesurées sur 1 m² au centre de chacune des parcelles. Par la suite, elles ont été compilées et analysées statistiquement avec une ANOVA afin de voir l'effet des traitements. Ces variables étaient :

2023

À l'aoûtement des bleuetiers (fin juillet – début août) :

- Hauteur des plants

10 tiges de bleuets ont été sélectionnées au hasard dans la zone d'échantillonnage de chaque parcelle et mesurées avec une règle.

- Densité des plants

Toutes les tiges ont été comptées dans 1 pied² à l'intérieur de la zone d'échantillonnage.

- Pourcentage de maladies

(Tâche septorienne, tâche valdensienne, rouille, pourriture sclérotique)

10 tiges de bleuets ont été sélectionnées au hasard dans la zone d'échantillonnage de chaque parcelle et le nombre de feuilles affectées a été compté, puis divisé par le nombre de feuilles totales sur chaque tige.

- Analyses foliaires

10 tiges de bleuets ont été sélectionnées au hasard dans la zone d'échantillonnage de chaque parcelle sur lesquelles des échantillons de feuilles ont été récoltés et envoyés au laboratoire EnvironneX pour analyse. La liste exhaustive de ces paramètres se retrouve à l'Annexe 1.

Fin de l'automne (octobre) :

- Potentiel de rendement (Nombre de bourgeons floraux par plant)

10 tiges de bleuets ont été sélectionnées au hasard dans la zone d'échantillonnage de chaque parcelle et le nombre de bourgeons à fleurs a été compté pour chaque tige.

- Analyses de sol (10 cm)

4 sous-échantillons de sol ont été prélevés dans chaque quadrat d'échantillonnage à l'aide d'une sonde de 20 mm de diamètre. Ils ont ensuite été mélangés et envoyés au laboratoire Environex pour analyse. La liste exhaustive de ces paramètres se retrouve à l'Annexe 2.

2024

En début de saison (mai) et fin de saison (août) :

- Taux de mise à fruits :

Dans chaque parcelle, 5 tiges de bleuets ont été sélectionnées au hasard dans la zone d'échantillonnage et le nombre de fleurs par tige a été compté. Ces tiges ont été identifiées et numérotées par un drapeau permettant ainsi d'être retrouvées en fin de saison. Avant la récolte, le nombre de fruits produits pour chaque tige a été évalué permettant aussi le calcul du taux de mise à fruit.

- Rendement :

Toutes les parcelles ont été intégralement récoltées avec une récolteuse mécanique, opérée par le personnel des bleuetières à l'étude (Figure 2). Les fruits ont été ensuite pesés.



Figure 2. Récolte et mesure des rendements au site de Notre-Dame-de-Lorette.

Résultats

Les principaux résultats significatifs sont présentés ci-dessous. Les résultats non significatifs peuvent être consultés en annexe.

Hauteur des plants

La figure 3 représente la hauteur moyenne des plants selon les différents traitements, tous sites confondus. Il est possible de voir qu'il n'y a généralement pas de différence significative entre les traitements, à l'exception du traitement 7 (minéral) dont les plants sont significativement plus hauts que ceux des traitements 3 (10 % Frass et 90 % Acti-Sol) et 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol).

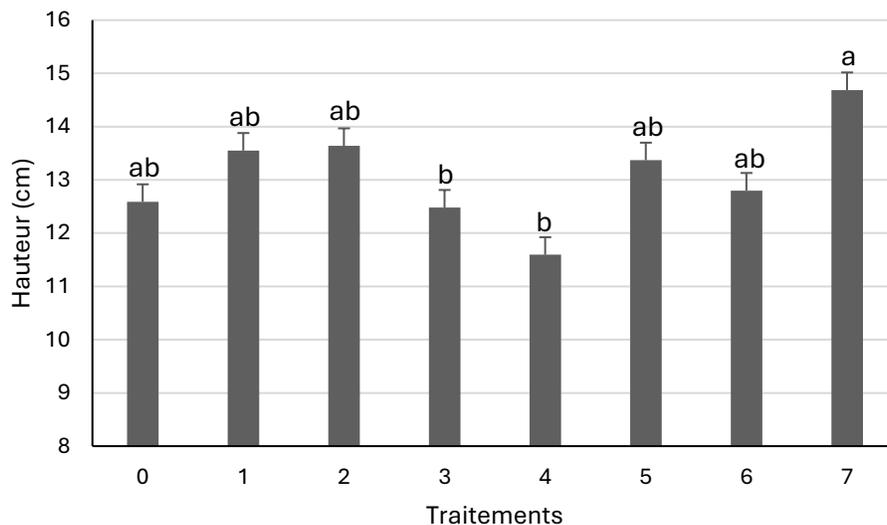


Figure 3. Hauteur moyenne des plants (cm) selon les différents traitements, tous sites confondus. Les lettres représentent les différences significatives statistiquement (p-value < 0,05).

Potentiel de rendement

La figure 4 représente le nombre de bourgeons floraux moyen par plant de bleuetiers selon les différents traitements, tous sites confondus. Il est possible d'observer que le traitement 1 (Acti-Sol seul) ainsi que le traitement 7 (engrais minéral) et deux des traitements avec le Frass, soit le 3 (10 % Frass et 90 % Acti-Sol) et le 5 (20% Frass et 80% Acti-Sol), démontrent un nombre de bourgeons significativement plus grand que le traitement 0 (témoin). Toutefois, il y a une grande variabilité entre les traitements et il n'y a aucune différence significative entre les différentes doses de Frass.

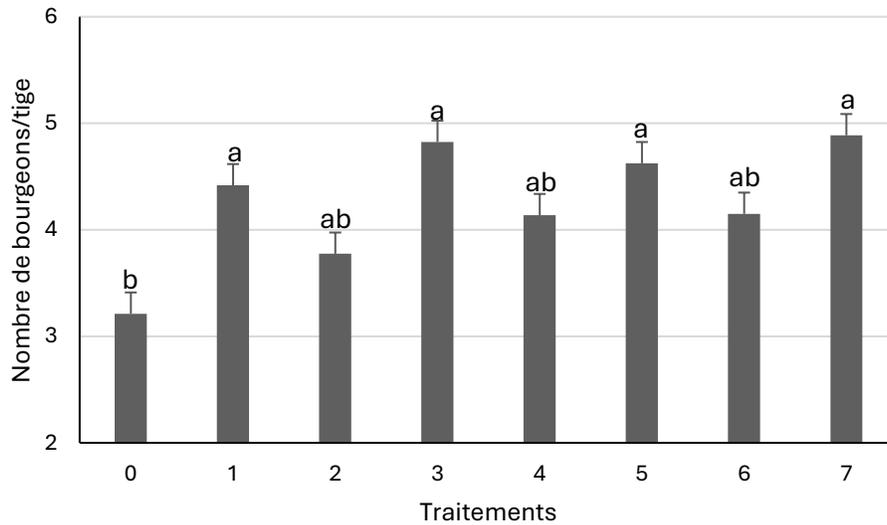


Figure 4. Nombre de bourgeons par tige moyen selon les différents traitements, tous sites confondus. Les lettres représentent les différences significatives statistiquement (p -value < 0,05).

Taux de mise à fruits

La figure 5 représente le pourcentage de fleurs qui ont produit un fruit tous sites confondus, ce qui est appelé le taux de mise à fruits. Il est possible d'observer qu'aucun traitement n'est significativement différent du témoin. Le traitement 1 (Acti-Sol seul) est le seul traitement qui est significativement différent du traitement 7 (engrais minéral), le Frass semble donc avoir un effet positif sur le taux de mise à fruits.

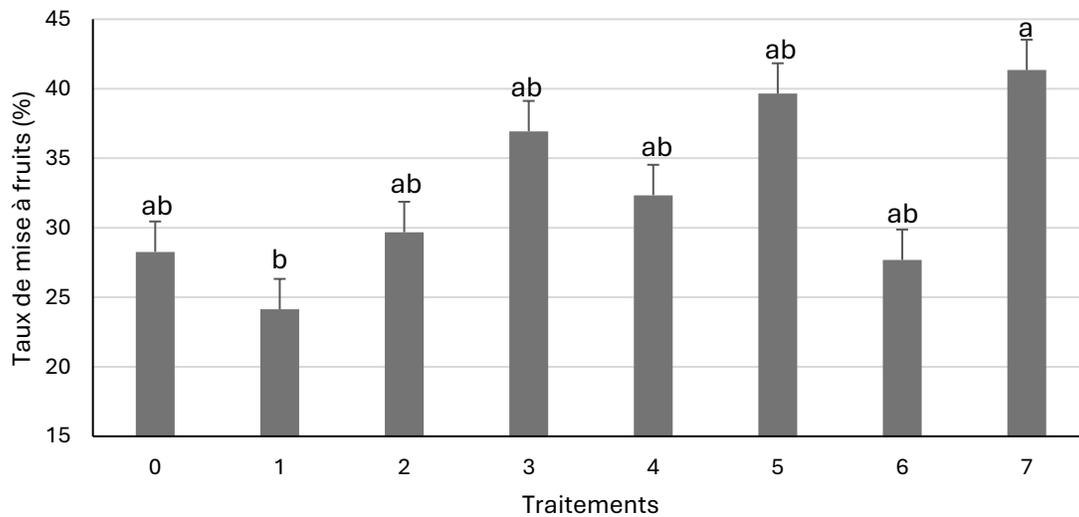


Figure 5. Taux de mise à fruits (%) selon les différents traitements, tous sites confondus. Les lettres représentent les différences significatives statistiquement (p -value < 0,05).

Rendement

La figure 6 représente le rendement moyen selon les différents traitements, tous sites confondus. Il est possible d'observer que le traitement 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol) est le seul qui est significativement différent du témoin et qui est similaire au traitement 7 (engrais minéral), avec un rendement moyen d'environ 2800 kg/ha. Le traitement 3 (10% Frass et 90 % Acti-Sol) est près de cette valeur également avec plus de 2600 kg/ha.

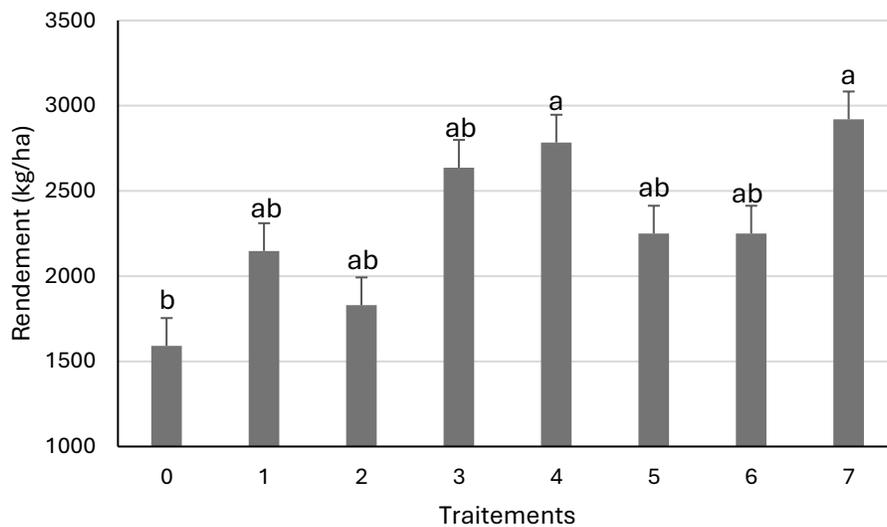


Figure 6. Rendement moyen (kg/ha) selon les différents traitements, tous sites confondus. Les lettres représentent les différences significatives statistiquement (p-value < 0,05).

Discussion et conclusion

Tout d'abord, d'ordre général, les résultats ont démontré que les parcelles ayant reçu une dose de Frass réagissent bien au traitement. Effectivement, elles démontrent des mesures semblables aux parcelles ayant été 100 % fertilisées avec l'Acti-Sol et/ou à l'engrais minéral.

Paramètre de croissance – Hauteur

En ce qui concerne la hauteur des plants, les traitements 3 (10 % Frass et 90 % Acti-Sol) et 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol) sont ceux ayant les moins bien performés. Effectivement, les plants étaient plus courts de 2 à 3 cm en comparaison aux plants fertilisés avec de l'engrais minéral traditionnel. Toutefois, bien que la hauteur soit un paramètre intéressant pour évaluer l'efficacité d'un fertilisant, puisque celle-ci est corrélée à l'absorption en azote des plants, ce n'est pas un gage de la productivité des bleuetiers puisque le rendement dépend de plusieurs autres facteurs (Barai et al. 2022).

Paramètres de productivité – Potentiel de rendement

En ce qui concerne le potentiel de rendement, le traitement 3 (10 % Frass et 90 % Acti-Sol) a très bien performé. Plus précisément, il fait partie des quelques traitements démontrant un potentiel de rendement significativement plus élevé que celui mesuré dans le traitement témoin. Quant au traitement 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol), il ne s'est pas différencié significativement du témoin. Cependant, il a tout de même démontré un potentiel de rendement dans la moyenne, soit d'un peu plus de 4 bourgeons par tige, en comparaison à environ 3 bourgeons par tige pour le traitement témoin et près de 5 bourgeons par tige pour les traitements avec un potentiel de rendement plus élevé statistiquement, soit les traitements 1 (témoin), 3 (10 % Frass et 90 % Acti-Sol), 5 (20 % Frass et 80 % Acti-Sol) et 7 (100 % minéral).

Paramètres de productivité – Taux de mise à fruits

Concernant le taux de mise à fruits, aucun traitement ne s'est différencié du témoin. Le traitement minéral est celui qui démontre le meilleur résultat avec un taux d'environ 40%. Les traitements 3 (10 % Frass et 90 % Acti-Sol) et 5 (20 % Frass et 80 % Acti-Sol) s'en approchent avec des taux entre 35 et 40%, alors que le traitement 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol) obtient des valeurs entre 30 et 35%. Les autres traitements

démontrent plutôt des taux qui se situent entre 20 et 30%. De façon générale, les taux de mise à fruits sont plutôt faibles, mais la pression des maladies fongiques et les conditions météorologiques difficiles pendant cette année de production peuvent être responsables de ce phénomène. Entre autres, un gel de plus de -7°C est survenu le 28 et le 29 mai, alors que les plants étaient en floraison, ce qui a détruit une partie des fleurs. Des symptômes de gel étaient déjà visibles sur les plants 3 jours plus tard (Figure 7).



Figure 7. Symptômes de gel sur les fleurs d'un bleuetier, photo prise sur le site de Normandin, le 31 mai 2024.

Paramètres de productivité – Rendement

La culture du bleuet est une culture dont le rendement est très variable. Dans cette étude, les seuls traitements à s'être différenciés statistiquement du témoin sont le traitement 7 d'engrais minéral seul ainsi que le traitement 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol). Le rendement obtenu dans le traitement 3 (10 % Frass et 90 % Acti-Sol) se rapproche également de ces deux traitements, mais n'est pas significativement différent du témoin. Il est intéressant de souligner que même si le traitement 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol) ne s'était pas démarqué au niveau de la hauteur et des autres paramètres de productivité, celui-ci a démontré le meilleur rendement. Il est possible que ce traitement permette aux plants d'être plus tolérants aux différents stress vécus au courant de la saison de

croissance. Effectivement, il a été démontré que l'engrais de type Frass favorise la tolérance des plantes à différents stress biotiques et abiotiques.

Plus précisément, Poveda et al. (2019) ont démontré que dans le cas des haricots, l'application de Frass a augmenté la tolérance des plants à la salinité des sols, aux inondations ainsi qu'à la sécheresse grâce aux micro-organismes présents dans les excréments d'insectes. Entre autres, certains de ses micro-organismes arrivent à fixer l'azote et à solubiliser les phosphates et le potassium. De plus, Poveda (2020) a également démontré que l'utilisation du Frass comme fertilisant provoque une action directe sur la lutte contre les ravageurs et les agents pathogènes en plus d'activer différentes réponses de défense des plantes telle que la résistance systémique reposant sur la capacité de reconnaissance des micro-organismes se retrouvant dans les excréments d'insectes (Ray et al. 2015). Une étude de Ray et al. (2015) a testé différentes combinaisons, soit la fausse-arpenteuse du chou (*Trichoplusia ni*) dans le chou, la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*) dans le riz, la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) dans le maïs et la pyrale de la tomate (*Helicoverpa zea*) dans la tomate. D'autres chercheurs ont également tenté d'autres combinaisons et il a été démontré que lors de l'entrée en contact des plantes avec les excréments d'insectes, il y avait expression de gènes activant le système de défense des plantes (Quilliam et al. 2020 ; Ray et al. 2016 ; Ray et al. 2020). Toutefois, tous les excréments d'insectes ne donnent pas les mêmes résultats dans toutes les cultures. Entre autres, dans les plants de betterave infectés respectivement par les agents pathogènes *Rhizoctonia solani* et *Pythium ultimum*, les excréments utilisés n'ont pas diminué les maladies causées par ces agents pathogènes (Elissen et al. 2019).

Il serait pertinent de poursuivre les recherches sur l'utilisation du Frass dans la culture du bleuets pour en apprendre davantage sur son rôle de protection contre les stress biotiques et abiotiques. Pour l'instant, les résultats démontrent que le traitement 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol) semble fonctionner de façon similaire au traitement 7 (minéral), mais engendre moins de croissance en hauteur. Il est possible de poser l'hypothèse que ce phénomène est dû à l'efficacité du traitement 4 (15 % Frass et 85 % Acti-Sol) qui pourrait améliorer la résistance des plants aux stress biotiques et abiotiques.

Conclusion

À la suite de ce projet, il est possible de conclure que les combinaisons 15 % Frass et 85 % Acti-Sol et 10 % Frass et 90 % Acti-Sol sont celles qui semblent les plus efficaces dans la culture du bleuets. Toutefois, il est évident que d'autres avenues seraient à explorer afin d'optimiser l'utilisation du Frass dans la culture du bleuets. Effectivement, il serait intéressant d'augmenter la dose totale d'azote appliquée via les différents fertilisants. En effet, 30 kg/ha ont été appliqués dans le cadre de cette étude, mais il serait possible d'essayer des doses de 50, 60 ou même 90 kg/ha. De plus, avec ces hautes doses, Lafond (2010) a démontré qu'il pourrait être utile de fractionner ces doses en plusieurs applications pour augmenter leur efficacité. Toutefois, dans un souci d'agriculture durable où l'on souhaite réduire les impacts environnementaux, il serait préférable de ne pas dépasser 60 kg/ha. Il serait également intéressant d'introduire un traitement de Frass seul ainsi que de tester diverses compositions de Frass afin d'observer laquelle permet des résultats optimaux dans la culture du bleuets sauvage (Poveda *et al.* 2019).

Enfin, Percival *et al.* (2002) a également démontré qu'il pouvait être bénéfique d'appliquer certaines doses de fertilisants en année de récolte. Présentement, cette technique va à l'encontre des habitudes de fertilisation des producteurs québécois. Toutefois, dans le contexte financier actuel où le prix du bleuets est très bas, les producteurs font face à des enjeux majeurs qui les mèneront sans doute à passer à une régie de culture plus intensive afin d'augmenter et de stabiliser leur rendement. Effectivement, les producteurs de bleuets du Québec peinent à se démarquer sur les marchés internationaux hautement compétitifs en raison, entre autres, de la faible quantité d'intrants utilisée pendant le cycle de production au Québec. De ce fait, les producteurs auront avantage à optimiser les techniques de fertilisation dans le bleuets nain et cela pourrait passer par l'application de fertilisants en année de production, dont le Frass. De plus, l'objectif d'augmentation et de stabilisation des rendements doit également prendre en considération les changements climatiques. Les périodes de chaleurs extrêmes sont monnaie courante depuis plusieurs années, phénomènes qui risquent fortement de s'accroître dans les prochaines décennies, la capacité du Frass à augmenter la résistance des plants aux stress biotiques et abiotiques est d'autant plus importante à étudier.

Références

Barai K, Calderwood L, Wallhead M, Vanhanen H, Hall, B, Drummond, F et Zhang, Yong-Jiang (2022) High variation in yield among wild blueberry genotypes: can yield be predicted by leaf and stem functional traits? *Agronomy* 12(3) <https://doi.org/10.3390/agronomy12030617>

Elissen H, Schilder M, Postma J, van der Weide R (2019) Disease suppression in cress and sugar beet seedlings with frass of the black soldier fly (*Hermetia illucens*). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business Unit Field Crops

Houben D, Daoulas G, Faucon MP, Dulaurent AM (2020) Potential use of mealworm frass as a fertilizer: impact on crop growth and soil properties. *Sci Rep* 10:1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x>

Lafond J (2010) Fractionnement de la fertilisation azotée dans la production du bleuët sauvage et suivi de l'azote du sol. *Can J Soil Sci.* 90 :189-199.

Percival DC, Janes DE, Stevens DE, Sanderson K (2002) Impact of multiple fertilizer applications on plant growth, development, and yield of wild lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton). In *Proceedings of the XXVI International Horticultural Congress: Berry Crop Breeding, Production and Utilization for a New Century*, Toronto, ON, Canada, Volume 626, pp. 415–421.

Poveda J, Jiménez-Gómez A, Saati-Santamaría Z, Usategui-Martín R, Rivas R, García-Fraile P (2019) Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Appl Soil Ecol* 142:110–122. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.016>

oveda J (2020) Use of plant-defense hormones against pathogendiseases of postharvest fresh produce. *Physiol Mol Plant Pathol* 111:101521. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101521>

Pevoda J (2021) Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 41:5 <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00656-x>

Quilliam RS, Nuku-Adeku C, Maquart P, Little D, Newton R, Murray F (2020) Integrating insect frass biofertilisers into sustainable periurban agro-food systems. *J Insects Food Feed* 6:315–322. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0049>

Ray S, Gaffor I, Acevedo FE, Helms A, Chuang WP, Tooker J, Felton GW, Luthe DS (2015) Maize plants recognize herbivore-associated cues from caterpillar frass. *J Chem Ecol* 41:781–792. <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0619-1>

Ray S, Alves PC, Ahmad I, Gaffoor I, Acevedo FE, PeifferMet al (2016) Turnabout is fair play: herbivory-induced plant chitinases excreted in fall armyworm frass suppress herbivore defenses in maize. *Plant Physiol* 171:694–706. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01854>

Ray S, Helms AM, Matulis NL, Davidson-Lowe E, Grisales W, Ali JG (2020) Asymmetry in herbivore effector responses: caterpillar frass effectors reduce performance of a subsequent herbivore. *J Chem Ecol* 46:76–83.
<https://doi.org/10.1007/s10886-019-01131-y>

de Souza-Vandenberghe LP, Garcia LMB, Rodrigues C, Camara MC, de Melo Pereira GV, de Oliveira J, Socol CR (2017) Potential applications of plant probiotic microorganisms in agriculture and forestry. *AIMS Microbiol* 3:629–648.
<https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.3.629>

Wang Y, Zhu Y, Zhang S, Wang Y (2018) What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers? *J Clean Prod* 199:882–890.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.222>

Annexes

Annexe 1

Liste des paramètres mesurés dans les analyses de tissus végétaux :

- Azote total
- Phosphore total
- Potassium total
- Calcium total
- Magnésium total
- Sodium total
- Aluminium total
- Bore total
- Cuivre total
- Fer total
- Manganèse total
- Zinc total

Annexe 2

Liste des paramètres mesurés dans les analyses de sol :

- Calcium
- Aluminium
- Potassium
- Phosphore
- Magnésium
- Saturation Ca
- Saturation K
- Saturation Mg
- Saturation K+Mg+Ca
- CEC
- Sodium
- ISP2
- Bore
- Cuivre
- Fer
- Manganèse
- Zinc
- pH
- Indice de chaux
- Matière organique

Annexe 3

Tableaux d'ANOVA représentant l'ensemble des tests statistiques effectués :

Tableau 2 : ANOVA des variables hauteur, maladie, densité et nombre de bourgeons selon la municipalité et le traitement. Les résultats comprennent la statistique F ainsi que la valeur du p-value (F (p-value)). Les résultats significatifs ont été mis en caractère gras (p-value \leq 0.05).

Facteurs	dl	Hauteur	Maladie	Densité	Bourgeons	Taux de mise à fruits	Rendement
Municipalité	1	39.36 (<0.01)	0.61 (0.43)	2.12 (0.15)	66.19 (<0.01)	87.74 (<0.01)	69.10 (<0.01)
Traitement	7	3.63 (<0.01)	1.29 (0.25)	1.61 (0.16)	4.44 (<0.01)	2.43 (0.02)	3.41 (<0.01)
Municipalité x Traitement	7	1.08 (0.37)	6.12 (<0.01)	1.98 (0.08)	2.70 (<0.01)	1.59 (0.14)	2.72 (0.02)

Tableau 3 : ANOVA de la teneur en différents nutriments mesurés dans les analyses foliaires, soient l'azote, le calcium, le magnésium, le sodium et le manganèse en fonction de la municipalité et des traitements. Les résultats comprennent la statistique F ainsi que la valeur du p-value (F (p-value)). Les résultats significatifs ont été mis en caractère gras (p-value \leq 0.05).

Facteurs	dl	N	Ca	Mg	Na	Mn
Municipalité	1	7.01 (0.01)	4.44 (0.04)	2.11 (0.15)	13.70 (<0.01)	33.01 (<0.01)
Traitement	7	1.51 (0.19)	0.14 (1.00)	2.51 (0.03)	0.76 (0.62)	1.37 (<0.01)
Municipalité x Traitement	7	0.85 (0.55)	1.07 (0.40)	1.24 (0.30)	0.11 (1.00)	1.85 (<0.01)

Tableau 4 : ANOVA de la teneur en différents nutriments et des paramètres mesurés dans les analyses de sol en fonction de la date, la municipalité et des traitements. Les résultats comprennent la statistique F ainsi que la valeur du p-value (F (p-value)). Les résultats significatifs ont été mis en caractère gras (p-value ≤ 0.05).

Facteurs	dl	Ca	Al	K	P	Mg	CEC	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	Chaux	MO
Date	1	10.53 (<0.01)	22.26 (<0.01)	3.10 (0.08)	13.63 (<0.01)	3.37 (0.07)	22.38 (<0.01)	66.75 (<0.01)	1.47 (0.23)	0.03 (0.86)	60.70 (<0.01)	0.54 (0.46)	5.16 (0.03)	48.58 (<0.01)	0.00 (0.96)	1.55 (0.22)
Municipalité	1	213.79 (<0.01)	362.30 (<0.01)	1.49 (0.22)	337.72 (<0.01)	222.60 (<0.01)	39.79 (<0.01)	198.36 (<0.01)	78.32 (<0.01)	20.55 (<0.01)	10.09 (<0.01)	4.34 (0.04)	14.63 (<0.01)	140.27 (<0.01)	1.00 (0.32)	2.41 (0.12)
Traitement	7	1.48 (0.18)	0.69 (0.68)	2.17 (0.04)	1.04 (0.41)	1.31 (0.25)	1.39 (0.22)	1.44 (0.20)	0.81 (0.58)	0.56 (0.79)	1.06 (0.40)	0.90 (0.51)	1.29 (0.27)	0.94 (0.47)	0.78 (0.60)	1.39 (0.22)
Date x Municipalité	1	47.14 (<0.01)	55.47 (<0.01)	5.18 (0.03)	7.22 (<0.01)	12.86 (<0.01)	95.99 (<0.01)	0.62 (0.43)	20.84 (<0.01)	0.03 (0.86)	0.30 (0.58)	5.46 (0.02)	40.00 (<0.01)	71.10 (<0.01)	4.89 (0.03)	48.47 (<0.01)
Date x Traitement	7	1.48 (0.18)	0.69 (0.68)	2.17 (0.04)	1.04 (0.41)	1.31 (0.25)	1.39 (0.22)	1.44 (0.20)	0.81 (0.58)	0.56 (0.79)	1.06 (0.40)	0.90 (0.51)	1.28 (0.27)	0.95 (0.47)	0.78 (0.60)	1.39 (0.22)
Municipalité x Traitement	7	1.18 (0.32)	0.29 (0.96)	0.40 (0.90)	0.45 (0.87)	1.10 (0.37)	1.03 (0.41)	1.01 (0.43)	0.31 (0.95)	0.56 (0.79)	0.56 (0.78)	0.92 (0.49)	0.87 (0.53)	0.33 (0.94)	0.80 (0.59)	0.36 (0.92)
Date x Municipalité x Traitement	7	1.18 (0.32)	0.29 (0.96)	0.40 (0.90)	0.45 (0.87)	1.10 (0.37)	1.03 (0.41)	1.01 (0.43)	0.31 (0.95)	0.56 (0.79)	0.56 (0.78)	0.92 (0.49)	0.87 (0.53)	0.33 (0.94)	0.80 (0.59)	0.36 (0.92)

Annexe 4

Résultats et figures non présentés dans ce rapport :

Densité des plants

La figure 8 représente le nombre moyen de tiges par pieds² selon les différents traitements, tous sites confondus. Il est possible de voir qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements. Toutefois, il est possible d'observer que les deux traitements avec les plus hautes doses de Frass, soit le traitement 5 (20 % Frass et 80 % Acti-Sol) et 6 (25 % Frass et 75 % Acti-Sol), sont ceux chez qui la plus haute densité des bleuetiers a été observée.

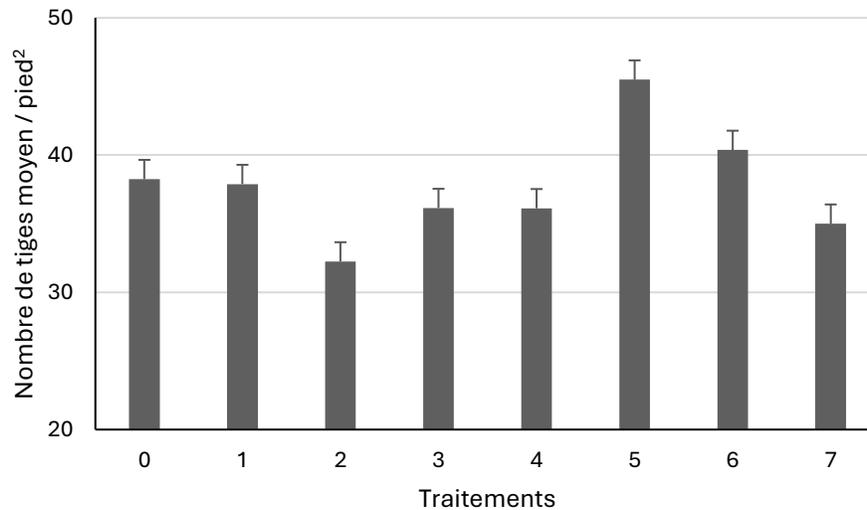


Figure 8. Densité moyenne des plants selon les différents traitements, tous sites confondus. Les résultats ne sont pas différents statistiquement (p -value > 0,05).

Pourcentage de maladies

La figure 9 représente le pourcentage de maladie moyen des plants selon les différents traitements aux deux sites étudiés. Les résultats sont très variables. Dans chacune des municipalités, aucun des traitements n'a démontré une augmentation ou une diminution significative du pourcentage de maladies.

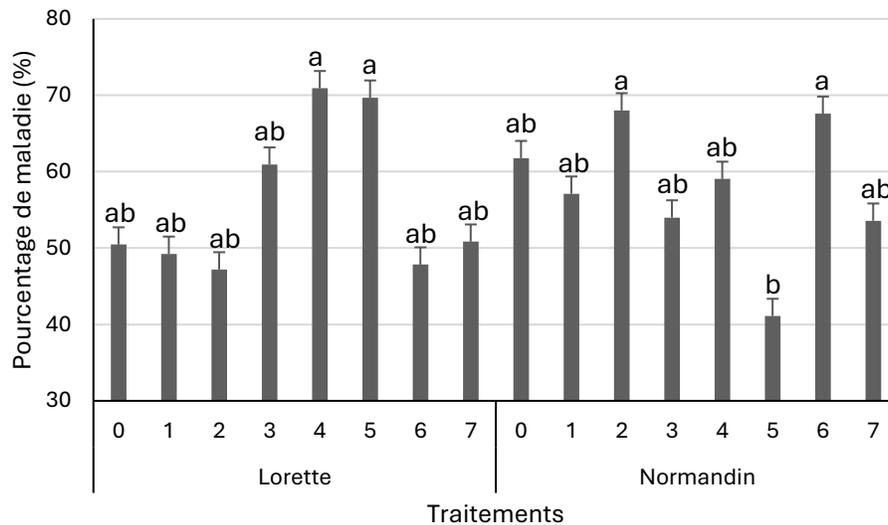


Figure 9. Pourcentage de maladie moyen des plants selon les différents traitements aux deux sites. Les lettres représentent les différences significatives statistiquement (p -value < 0,05).

Analyses foliaires

Aucun élément nutritif jouant un rôle important dans la croissance du bleuet n'a été influencé statistiquement de façon significative par le Frass. Seules des différences intersites ont été identifiées.

Analyses de sol

Aucun élément n'a été influencé de façon significative par le Frass à l'exception du potassium (Figure 10). Le traitement 2 ayant reçu la plus faible dose de Frass (5 % Frass et 95 % Acti-Sol) est le seul à s'être différencié significativement du traitement 0 (témoin). Il n'y a pas de différence significative entre les différentes doses de Frass et les traitements d'Acti-Sol seul (1) et d'engrais minéral (7).

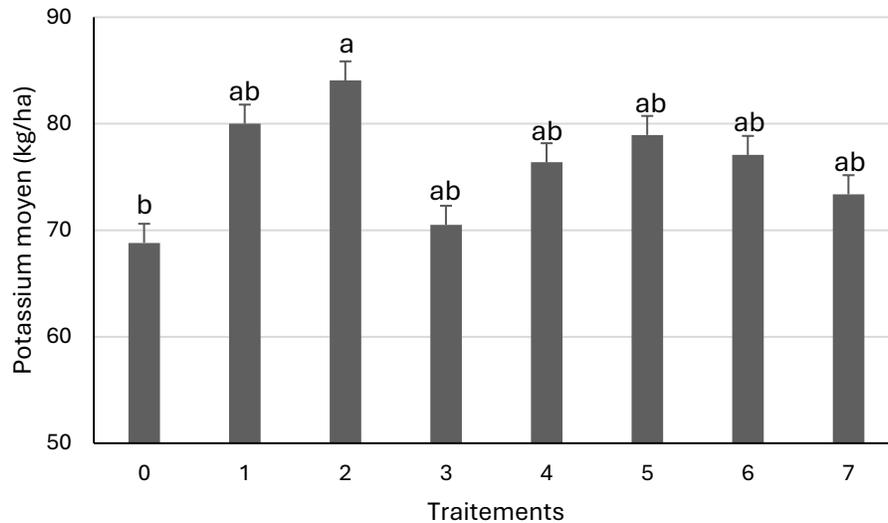


Figure 10. Quantité moyenne de potassium (K) selon les différents traitements, tous sites confondus. Les lettres représentent les différences significatives statistiquement (p -value < 0,05).