

RAPPORT FINAL

**FERTILISATION DANS LE BLEUET SAUVAGE : DÉTERMINATION DES SEUILS DE RÉPONSE DE LA CULTURE SELON LES
CONCENTRATIONS DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DANS LES FEUILLES**

2012-2015

JEAN LAFOND

CENTRE DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DE QUÉBEC

FERME DE RECHERCHES DE NORMANDIN

MARS 2016

Canada 

Plusieurs travaux de recherches ont démontré que la culture du bleuets sauvage répondait très bien à la fertilisation malgré que cette culture ait des besoins en éléments nutritifs relativement faibles (Penney et McRae 2000; Gagnon et al. 2003; Lafond 2004; Starast et al. 2007; Lafond 2010; Lafond et Ziadi 2011). Comme la production de bleuets nain sauvage est localisée sur des sols sableux et acides (Hall 1978), le devenir des éléments nutritifs dans le sol et les végétaux demeure une situation préoccupante au point vue agronomique et environnemental. En effet, les risques de pertes d'azote par lessivage sont élevés (Lafond 2010) et l'efficacité du phosphore dans ces conditions acides est faible (Lafond et Ziadi 2013). Actuellement, le suivi du statut nutritif du bleuets se fait à l'aide de la détermination des concentrations en éléments nutritifs des feuilles et les résultats de ces analyses sont comparés à des valeurs de références (Lafond 2009). Les recommandations de fertilisants sont basées sur ces analyses foliaires et sur le potentiel de rendement du champ.

La fertilisation dans les bleuetières est appliquée uniformément sur l'ensemble des champs. Plusieurs études ont démontré que le bleuets nain a répondu positivement à la fertilisation azotée tandis que la réponse à la fertilisation phosphatée et potassique était mitigée (Lafond 2010; Lafond et Ziadi 2011). Ces études ont toutefois été effectuées sans égard aux analyses initiales des feuilles de bleuets. Ainsi, l'ampleur de la réponse de la culture aux engrais azotés aurait pu être atténuée ou amplifiée selon la concentration initiale en N des feuilles à l'année de végétation. Au Maine, l'approche proposée pour ajuster la fertilisation est d'apporter les fertilisants en quantités suffisantes pour à atteindre les concentrations minimales de référence, sans égard, toutefois, à la concentration initiale en N et en P des feuilles.

Objectif

L'objectif de ce projet est de déterminer la réponse de la culture du bleuets sauvage à la fertilisation selon les concentrations en N et P des feuilles prélevées durant l'année de végétation.

Matériel et Méthodes

De 2012 à 2015, 45 sites ont été établis dans les bleuetières au Saguenay-Lac-Saint-Jean. Seulement trois sites ont été abandonnés au cours des années, pour un total de 42 sites. Les sites ont été initialement sélectionnés en fonction des résultats des analyses chimiques des feuilles. Le critère pour sélectionner un site a été la concentration en N et P des feuilles. L'objectif a été d'avoir la plus grande variation possible des concentrations en N et P des feuilles. L'identification des champs a été réalisée conjointement avec le Club Conseil Bleuët qui possède ces renseignements pour chacun de ces membres.

Les traitements ont consisté à appliquer quatre doses de N (0, 30, 60 et 90 kg N ha⁻¹ de sulfate d'ammonium) et trois doses de P (0, 10 et 20 kg P₂O₅ ha⁻¹ de super triple phosphate) au printemps de l'année de végétation. Toutes les parcelles ont reçu une dose de 20 kg ha⁻¹ de K (sulfate de potassium) et une dose de 0,7 kg ha⁻¹ de B granulaire (sous forme de borate) au printemps de l'année de végétation. Le dispositif expérimental utilisé est un dispositif en blocs complets aléatoires avec quatre répétitions. Les parcelles ont une dimension de 2 X 5 m (10 m²). Des allées de 1 m séparent chaque parcelle. Au printemps de l'année de végétation, une application d'hexazinone (1,5 kg m. a. ha⁻¹) a été réalisée sur l'ensemble des parcelles pour lutter contre les mauvaises herbes (MAPAQ 2000).

Des échantillons de feuilles ont été prélevés sur 25 tiges sélectionnées au hasard dans chacune des parcelles afin d'évaluer l'état nutritionnel de la culture à la fin juillet de l'année de végétation. Des analyses chimiques ont été effectuées sur les échantillons de feuille qui ont été séchés à 55 °C et broyés sur un tamis de 1 mm. Les concentrations en N, en P, en K, en Ca et en Mg ont été dosées après digestion humide (acide sulfurique-peroxyde- acide sélénieux) (Isaac et Johnson 1976). Les concentrations en N et en P des tissus végétaux ont été déterminées par colorimétrie (Lachat Instruments, Quickchem Method 13-107-06-2-E ; 15-501-03). La concentration en K des tissus végétaux a été déterminée par spectrophotométrie d'émission de flamme et les concentrations en Ca et en Mg par spectrophotométrie d'absorption atomique (Perkin Elmer AAnalyst 300, Überlingen, Allemagne). La hauteur des plants a été mesurée à l'année de végétation.

En même temps que l'échantillonnage des feuilles, des mesures de chlorophylles ont été réalisées à l'aide du SPAD. Vingt (20) feuilles ont été sélectionnées pour effectuer les lectures avec le SPAD. La lecture de la chlorophylle a été faite sur la face supérieure de la feuille.

Un échantillon de sol composé d'un mélange de trois sous échantillons provenant des couches 0-5, 5-15 et 15-30 cm a été prélevé dans toutes les parcelles à l'aide d'une sonde (20 mm de diamètre) avant l'application des engrais afin de caractériser les sites. Les échantillons de sol ont été séchés et tamisés à 2 mm avant d'effectuer les analyses. Le pH du sol a été mesuré dans l'eau selon un rapport 1:2 (Hendershot et al. 2007). Le phosphore, le K, le Ca, le Al et le Mg du sol ont été extraits avec la solution Mehlich 3 (Ziadi et Tran 2007). La teneur en P du sol a été déterminée par colorimétrie (Murphy et Riley 1962). La teneur en K du sol a été déterminée par spectrophotométrie d'émission de flamme et les teneurs en Ca et Mg par spectrophotométrie d'absorption atomique (Perkin Elmer AAnalyst 300, Überlingen, Allemagne). La matière organique totale du sol a été déterminée par oxydation par voie humide selon la méthode modifiée Walkley-Black (Conseil des productions végétales du Québec 1988).

Résultats

Pour la majorité des sites, les sols sont des sables presque purs, soit plus de 85 % de sable selon l'analyse granulométrie. Les analyses chimiques de sol ont indiqué que ces sols sont acides et pauvres en éléments nutritifs. Les caractérisations des sites ont été effectuées sur l'ensemble des parcelles, avant l'application des traitements, soit aux printemps 2012-2013-2014. Les pH à l'eau du sol ont varié de 4,2 à 5,0 selon les sites dans la couche de surface. Le pH du sol est plus élevé dans les couches inférieures. Les teneurs en P du sol ont varié de 21 à 80 mg kg⁻¹ dans la couche de surface, indiquant les différents historiques de fertilisation des bleuettières mais également les conditions pédoclimatiques locales. Le rapport molaire P/Fe+Al est supérieur à 0,028 pour l'ensemble des sites, suggérant que la réponse aux engrais phosphatés sera très limitée (Lafond et Ziadi 2013). Seul les sites de St-Augustin (site # 16, 43 et 45) a un rapport inférieur (0,025 0,023 et 0,027 respectivement).

Mesure de la chlorophylle dans les feuilles

Des mesures indirectes de la chlorophylle ont été réalisées en même temps que les échantillonnages de feuilles de bleuet lors de l'aoûtement à l'aide d'un SPAD-502. L'effet de site est hautement significatif ainsi que l'interaction site x N. L'analyse générale, combinant tous les

sites, a démontré que les mesures réalisées avec le SPAD ont augmentées significativement avec l'accroissement de la dose de N. L'interaction N x P n'a pas été significative. Les doses de P n'ont eu aucun effet sur les valeurs de SPAD.

Analyse foliaire

L'analyse des feuilles à l'année de végétation a indiqué que la fertilisation azotée a augmenté significativement la concentration en N, P et K tandis que les concentrations en Ca et Mg ont diminué (Tableau 2). Les concentrations moyennes (n = 504) en N des feuilles ont été inférieures à la concentration minimale proposée (1,56 %) (Lafond 2009) lorsque les parcelles n'ont pas été fertilisées. Dès qu'une dose de 30 kg ha⁻¹ de N a été appliquée, la concentration en N a généralement dépassé la concentration minimale (1,62 %). Les concentrations moyennes en P ont été inférieures à la concentration minimale de 0,119 % (Lafond 2009) lorsque les parcelles n'ont pas été fertilisées. Néanmoins, avec l'application de 60 kg N ha⁻¹ et plus, la concentration en P des feuilles est située dans l'intervalle de suffisance. Les concentrations moyennes en K ont été inférieures à la concentration minimale de 0,54 % (Lafond 2009) lorsque les parcelles n'ont pas été fertilisées. Néanmoins, avec l'application de 30 kg N ha⁻¹ et plus, la concentration en K des feuilles est située dans l'intervalle de suffisance. Malgré que la fertilisation azotée ait diminué les concentrations en Ca et Mg des feuilles, les concentrations sont demeurées supérieures aux concentrations minimales proposées (Lafond 2009).

La fertilisation phosphatée a augmenté la concentration en P des feuilles de 0,115 à 0,121 % (Tableau 2). La fertilisation en P n'a aucun effet sur les concentrations en N, K, Ca et Mg.

Rendements en fruits

Les rendements en fruits ont été mesurés en 2013, 2014 et 2015. Les conditions climatiques ont parfois limitées la productivité du plant. Des gels printaniers, des froids intenses hivernaux sans couverture de neige et des sécheresses ont été rencontrés au cours des années d'expérimentation. Les rendements moyens ont été de 2163, 4294 et 1424 kg ha⁻¹ pour les années 2012, 2013 et 2014 respectivement. L'analyse globale de tous les sites a indiqué que les rendements en fruits ont augmenté significativement avec l'accroissement de la dose d'azote

(Tableau 2). L'interaction entre les sites et la fertilisation azotée a été également significative, indiquant que l'effet de l'azote a été différent selon les sites. Effectivement, pour certains sites la fertilisation a eu aucun effet ou parfois, même fait diminuer les rendements. En moyenne, des augmentations de 27 % ont été mesurées avec une dose optimale de 60 kg N ha⁻¹. La fertilisation en P n'a aucun effet sur les rendements en fruits.

Les augmentations de rendements en fruits sont partiellement liées aux concentrations initiales en N et P des feuilles. Pour chacun des sites, une équation de régression linéaire a été établie pour décrire la réponse de la culture à l'azote (Tableau 3). La pente de la droite correspond à l'augmentation de rendement en fruits par kg d'azote ajouté. Cet exercice a été réalisé uniquement pour les sites ayant eu une réponse significative à l'azote. Ainsi, les augmentations de rendements en fruits ont été plus élevées lorsque les concentrations en N des feuilles ont été faibles (Figure 2). À l'inverse, avec des concentrations en N élevées dans les feuilles, les augmentations de rendements en fruits ont été plus faibles. Cette relation négative entre les augmentations de rendements en fruits et les concentrations en N dans les feuilles a été également mesurée avec les concentrations en P dans les feuilles (Figure 3). Cette relation entre les concentrations en N et P des feuilles et la réponse aux engrais n'a pas été améliorée en considérant le rapport entre ces deux éléments (Figure 4). Les données préliminaires avaient toutefois laissées entrevoir une amélioration possible en considérant ces deux éléments. Toutefois, les résultats de la dernière année (2015) ont été tellement variables que la relation est devenue non significative.

Conclusions

Cette étude a permis de démontrer qu'il existe une très grande variabilité entre les sites et que les conditions climatiques sont également responsables des grandes variations observées dans les rendements. Néanmoins, l'utilisation des analyses foliaires demeure le seul outil pour gérer la fertilisation. En effet, cette étude a mis en évidence que les augmentations de rendement en fruits à la suite des applications des engrais minéraux sont liées aux concentrations initiales des feuilles en N et P. Ainsi, avec des concentrations élevées en N et P dans les feuilles, l'apport de fertilisants aura un plus faible impact sur l'accroissement de la productivité contrairement à un site ayant des faibles teneurs en éléments nutritifs dans les feuilles. L'équilibre nutritif dans la plante demeure important dans l'obtention des rendements optimaux mais pour l'instant,

aucune relation significative n'a pu être établie. Pour le producteur, l'objectif demeure d'atteindre les concentrations optimales dans les feuilles avec la fertilisation appropriée. Par la suite, quand l'optimal sera atteint pour l'ensemble des éléments nutritifs dans les feuilles, une réduction de la fertilisation pourrait être envisagée car on sait que la réponse aux engrais sera moindre.

Références

Conseil des productions végétales du Québec (CPVQ). 1988. Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des végétaux. AGDEX 533. Gouvernement du Québec, Québec, Canada.

Gagnon, B., Simard, R. R., Lalande, R. et Lafond, J. 2003. Improvement of soil properties and fruit yield of native lowbush blueberry by papermill sludge addition. *Can. J. Soil Sci.* **83**: 1-9.

Hendershot, W. H., Lalande, H. et Duquette, M. 2007. Soil reaction and exchangeable acidity. Pages 171-178 dans M.R. Carter et E.G. Gregorich (éd.). *Soil sampling and methods of analysis*. Deuxième édition. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Isaac, R. A. et Johnson, W. C. 1976. Determination of total nitrogen in plant tissue, using a block digester. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **59**: 98-100.

Lafond, J. 2004. Application of paper mill biosolids, wood ash and ground bark on wild lowbush blueberry production. *Small Fruit Review* **3 (1/2)**: 3-10.

Lafond, J. 2009. Optimum leaf nutrient concentrations of wild lowbush blueberry in Quebec. *Can. J. Plant Sci.* **89**: 341-347.

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

Lafond, J. et Ziadi, N. 2011. Fertilisation azotée et phosphatée dans la production du bleuet nain sauvage au Québec. *Can. J. Plant Sci.* **91** : 535-544.

Lafond, J. et Ziadi, N. 2013. Biodisponibilité de l'azote et du phosphore dans les sols de bleuetières du Québec. *Can. J. Soil Sci.* **93** : 33-44

Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ). 2000. Trousse d'information et de démarrage en production du bleuet nain semi cultivé. Publication 00-0050. Gouvernement du Québec, Qc, Canada.

Murphy, J. et Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in surface waters. *Anal. Chim. Acta* **27**: 31-36.

Penney, B. G. et McRae, K. B. 2000. Herbicidal weed control and crop-year NPK fertilization improves lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) production. *Can. J. Plant Sci.* **80**: 351-361.

Starast, M., Karp, K., Vool, E., Paal, T. et Albert, T. 2007. Effect of NPK fertilization and elemental sulfur on growth and yield of lowbush blueberry. *Agr. Food Sci.* **16**: 34-45.

Ziadi, N. et Tran, T. S. 2007. Mehlich III-Extractable elements. Pages 81-88 dans M.R. Carter et E.G. Gregorich (éd.). Deuxième édition. *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Tableau 1 Caractéristiques physico-chimiques moyennes des sites expérimentaux au printemps

Couche de sol (cm)	pH		K	Ca	Mg	Fe	Al	P / (Fe+Al)	Matière organique %
	eau	P							
(ppm)									
0-15	4.60	49	95	605	86	312	1123	0.051	12.23
15-30	4.85	31	25	75	10	233	1916	0.024	3.52
30-60	5.01	20	13	17	3	100	1957	0.017	1.78

Tableau 2 Effet de la fertilisation azotée et phosphatée sur les concentrations en éléments nutritifs des feuilles à l'année de végétation

Moyenne des sites	N	P	N	P	K	Ca	Mg	Rendement en fruits
	(kg ha ⁻¹)		(%)					
	0	0	1.56	0.112	0.52	0.45	0.18	2228
		10	1.56	0.113	0.52	0.45	0.18	1988
		20	1.56	0.115	0.52	0.45	0.18	2185
	30	0	1.62	0.114	0.54	0.43	0.18	2511
		10	1.61	0.116	0.54	0.45	0.18	2246
		20	1.62	0.118	0.54	0.46	0.18	2594
	60	0	1.68	0.117	0.55	0.43	0.17	2700
		10	1.70	0.120	0.55	0.43	0.17	2584
		20	1.72	0.123	0.55	0.44	0.17	2724
	90	0	1.79	0.120	0.56	0.42	0.17	2576
		10	1.77	0.123	0.56	0.42	0.17	2749
		20	1.79	1.127	0.56	0.43	0.17	2822
	0		1.56	0.113	0.52	0.45	0.18	2135
	30		1.62	0.116	0.54	0.44	0.18	2516
	60		1.70	0.120	0.55	0.43	0.17	2670
	90		1.78	0.123	0.56	0.43	0.17	2714
		0	1.66	0.115	0.54	0.44	0.17	2504
		10	1.66	0.118	0.55	0.44	0.17	2445
		20	1.67	0.121	0.54	0.44	0.18	2579

Tableau 3 Équations de régression linéaires entre les rendements en fruits et la dose d'azote

Site	Équation	Site	Équation
1	$Y = 1575 + 7.60x$	16	$Y = 5336 + 4.09x$
2	$Y = 1546 + 6.79x$	17	$Y = 6595 + 27.59x$
4	$Y = 2529 + 21.10x$	20	$Y = 4175 + 9.86x$
5	$Y = 2629 + 17.19x$	21	$Y = 3073 + 0.25x$
6	$Y = 2270 + 17.71x$	31	$Y = 3396 + 20.37x$
7	$Y = 1222 + 12.78x$	33	$Y = 661 + 0.35x$
8	$Y = 2605 + 5.69x$	37	$Y = 402 + 3.30x$
9	$Y = 1543 + 20.76x$	39	$y = 1172 + 3.21x$
10	$Y = 1060 + 20.60x$	40	$Y = 778 + 14.29x$
13	$Y = 633 + 4.00x$	42	$Y = 1393 + 9.53x$
15	$Y = 271 + 1.44x$	43	$Y = 2618 + 13.21x$

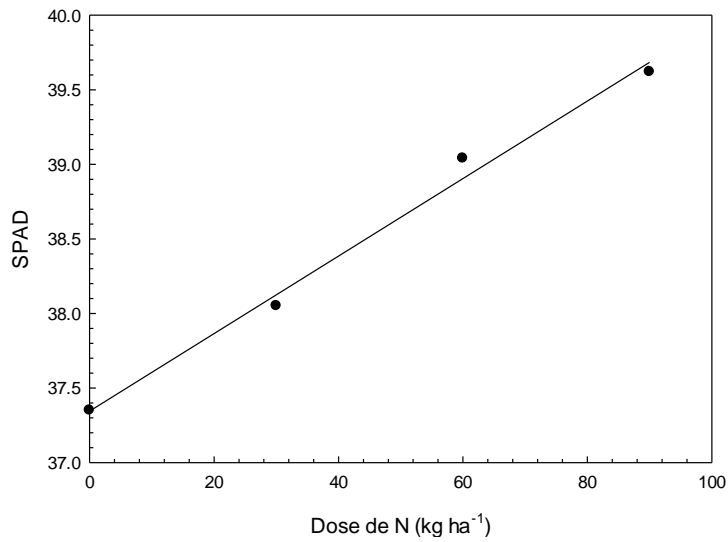


Figure 1 Effet des doses de N sur les lectures de SPAD (moyenne des sites)

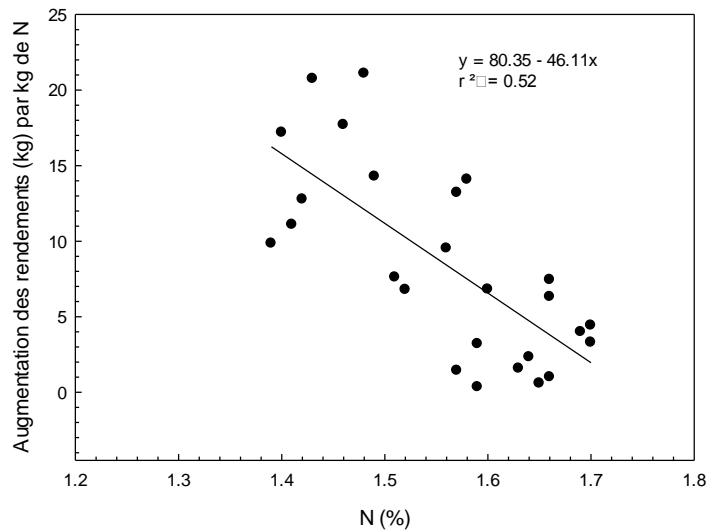


Figure 2 Relation entre l'augmentation des rendements en fruits en kg par kg d'azote ajouté et la concentration initiale en N des feuilles

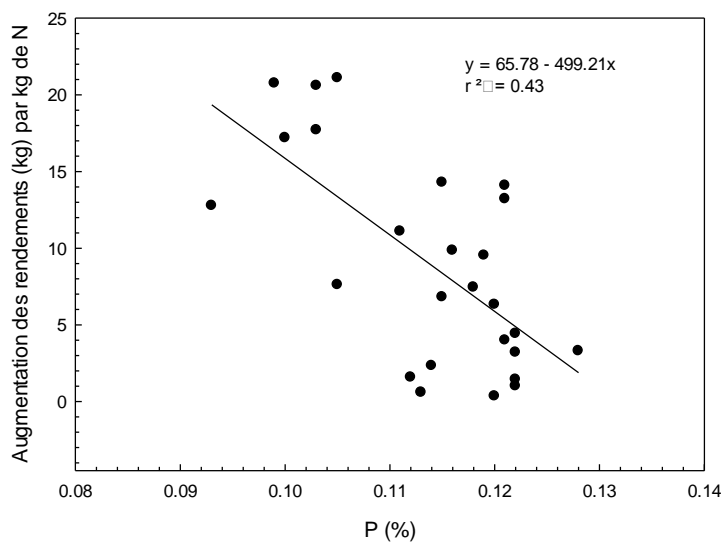


Figure 3 Relation entre l'augmentation des rendements en fruits en kg par kg d'azote ajouté et la concentration initiale en P des feuilles

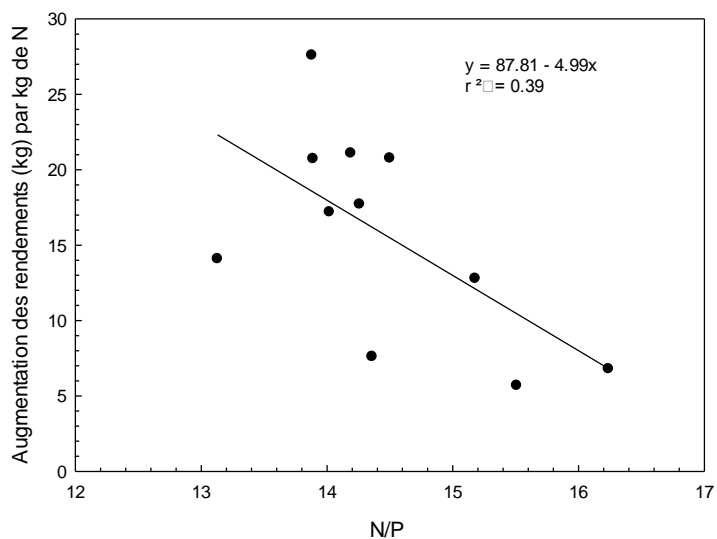


Figure 4 Relation entre l'augmentation des rendements en fruits en kg par kg d'azote ajouté et le rapport N sur P des concentrations foliaires